

<b>A. ANNEX A: CÀLCULS PER AL DISSENY DE LA CENTRAL DE GENERACIÓ ELÈCTRICA PROVISIONAL</b>	<b>3</b>
A.1 Càlcul de les necessitats energètiques .....	3
A.2 Càlculs de la generació d'energia elèctrica .....	7
A.2.1 Dades de partida .....	7
A.3 Càlculs de l'emmagatzematge de combustible .....	9
A.3.1 Dimensionat dels dipòsits d'emmagatzematge .....	10
A.4 Càlculs de la instal·lació de mitjana tensió .....	12
A.4.1 Transformador de potència elevador 400/25000 V .....	12
A.4.2 Pont de cable de mitjana tensió .....	13
A.4.3 Centre de distribució .....	19
A.5 Sistema de la presa de terra .....	23
A.5.1 Transformador de potència Alkargo .....	23
A.5.2 Centre de distribució .....	30
A.6 Sistemes de detecció i extinció d'incendis .....	36
<b>B. ANNEX B: CÀLCULS PER AL DISSENY DE LA XARXA DE DISTRIBUCIÓ PROJECTADA</b>	<b>40</b>
B.1 Criteri de la secció per intensitat màxima i potència màxima admissibles .....	42
B.2 Criteri de la secció per caiguda de tensió .....	45
B.3 Criteri de la secció per intensitat de curtcircuit .....	47
<b>C. ANNEX C: CÀLCULS PER AL DISSENY DELS CENTRES DE TRANSFORMACIÓ</b>	<b>49</b>
C.1. Necessitats energètiques previstes a la zona .....	49
C.2. Càlcul dels corrents .....	50
C.2.1. Dades de partida .....	50
C.2.2. Intensitats en mitjana tensió .....	51
C.2.3. Intensitats de baixa tensió .....	52
C.3. Càlculs de la instal·lació de la presa de terra .....	52
C.3.1. Dades de partida .....	52
C.3.2. Condicions que ha de complir l'elèctrode escollit .....	53
C.3.3. Tensions màximes admissibles en la instal·lació .....	53
C.3.4. Càlcul de les tensions màximes en el centre de transformació .....	56
C.3.5. Càlcul de la distància entre els sistemes de presa de terra .....	58
C.3.6. Càlcul de la resistència del neutre .....	58
C.4. Càlcul del pont del cable d'interconnexió entre la cel·la de protecció i el transformador .....	59

C.4.1. Criteri de la secció per intensitat màxima admissible .....	60
C.4.2. Criteri de la secció per caiguda de tensió .....	63
C.4.3. Criteri de la secció per intensitat de curtcircuit.....	64
<b>D. ANNEX D: PRESSUPOST .....</b>	<b>66</b>
D.1 Antecedents i objecte .....	66
D.2 Estudi comparatiu per a la C.G.E.P. ....	67
D.2.1 Costos fixos .....	67
D.2.2 Costos en l'opció de compra .....	69
D.2.3 Costos en l'opció de lloguer.....	71
D.3 Xarxa de distribució .....	75
D.3.1 Línies de distribució .....	75
D.3.2 Centres de transformació .....	77
D.4 Aclariments .....	80
<b>E. ANNEX E: ESTUDI DE L'IMPACTE AMBIENTAL .....</b>	<b>81</b>
E.1 Descripció de l'activitat .....	81
E.1.1 Dades de l'emplaçament de la C.G.E.P.....	81
E.1.2 Descripció de les instal·lacions.....	82
E.1.3 Matèries primeres.....	83
E.2 Medi potencialment afectat.....	83
E.2.1 Qualitat de l'aire.....	83
E.2.2 Qualitat de l'aigua.....	90
E.3 Aspectes ambiental de l'activitat.....	91
E.3.1 Emissions a l'atmosfera .....	91
E.3.2 Emissions de sorolls i vibracions .....	92
E.3.3 Aigües residuals .....	94
E.3.4 Producció i gestió de residus.....	94

## A. Annex A: Càlculs per al disseny de la central de generació elèctrica provisional

### A.1 Càlcul de les necessitats energètiques

Per a determinar la demanda energètica de les parcel·les on s'ha previst la seva industrialització o en aquelles que ja estan funcionant amb grups generadors propis, es farà servir les indicacions donades per la norma tecnològica de la edificació, en el seu apartat d'instal·lacions d'electricitat, corresponent a xarxa exterior, atenent al mètode de càlcul de potència prevista (NTE-IER).

$$P_t = P_v + P_c + P_d + P_p + P_h + P_a + P_e \quad (\text{Eq. A.1})$$

Segons aquest mètode la potència demandada (potència en kW) s'obté mitjançant la següent equació, Eq. A.1:

On:

- $P_v$ : Potència, en kW, corresponent a habitatges, es determina segons la ITC-BT 10 del reglament electrotècnic de baixa tensió
- $P_c$ : Potència, en kW, corresponent a edificis o locals destinats a fins comercials o d'oficines. Es calcula a raó de 100 W/m<sup>2</sup> de superfície construïda, i el coeficient de simultaneïtat que esdevingui necessari, segons la ITC-BT 10 del reglament electrotècnic de baixa tensió
- $P_d$ : Potència, en kW corresponent a centres d'ensenyament. S'obté a raó de 500 W/m<sup>2</sup>
- $P_p$ : Potència, en kW, corresponent a locals de pública concurrència. S'obté a raó de 50 W/m<sup>2</sup> si no tenim dades (NTE-IER)
- $P_h$ : Potència, en kW, corresponent a establiments hotelers o d'allotjament turístic. Es calcula a raó de 1000 W/places amb un mínim de 100 kW, si l'establiment és major o igual de 50 places, i de 25 kW, si l'establiment és menor de 50 places
- $P_a$ : Potència, en kW, corresponent a enllumenat públic. Quan la xarxa d'enllumenat públic no està determinada, es considerarà una potència de 1,5 W/m<sup>2</sup> de vial



- $P_e$ : Potència, en kW, corresponent a edificis o instal·lacions de característiques especials, com centres mèdics, poliesportius, etc. S'obté del projecte propi de la instal·lació o edifici

Pel tipus de clients que està previst que s'instal·lin al polígon industrial d'estudi, les potències  $P_v$ ,  $P_d$ ,  $P_p$ ,  $P_h$  i  $P_e$  són nul·les.

Per altre banda es fan algunes hipòtesis ja que no sabem amb certesa quines seran les indústries i quina superfície construiran per a les seves instal·lacions. Aquestes seran:

- Superfície construïda de 3500 m<sup>2</sup> com a màxim en cada parcel·la.
- En cas de haver-hi dos o més clients per parcel·la, la superfície construïda s'haurà de dividir entre ells
- L'enllumenat públic es distribuirà entre les diferents parcel·les assignant una superfície de vial a il·luminar a cada una de les parcel·les

Així, podem obtenir les següents demandes d'energia per parcel·la i per etapa.

a) Per a la primera etapa

Parcel·la	Client	Pa		Pc		Potència total per parcel·la [kW]
		Raó de càlcul per a enllumenat públic [W/m <sup>2</sup> de vial]	Superfície de vial [m <sup>2</sup> ]	Raó de càlcul per superfície [W/m <sup>2</sup> ]	Superfície construïda [m <sup>2</sup> ]	
12	Client 1	1,5	10000	100	3000	315
18	Mòdul A : Client 2	1,5	2500	100	1500	153.75
	Mòdul B: Client 3	1,5	2500	100	1500	153.75
21	Mòdul A: Client 4	1,5	2500	100	1500	153.75
	Mòdul B: Client 5	1,5	2500	100	1500	153.75
21b	Client 6	1,5	15000	100	1500	172.5
21	Mòdul A: Client 7	1,5	0	100	1000	100
	Mòdul A1: Client 7b	1,5	0	100	1250	125
	Mòdul B: Client 8	1,5	0	100	1000	100
19	Mòdul A: Client 9	1,5	7500	100	1500	161.25
	Mòdul B: Client 10	1,5	7500	100	1500	161.25

Fig. A.1. Demanda d'energia per parcel·la a la primera etapa



b) Per a la segona etapa

Parcel·la	Client	Pa		Pc		Potència total per parcel·la [kW]
		Raó de càlcul per a enllumenat públic [W/m <sup>2</sup> de vial]	Superfície de vial [m <sup>2</sup> ]	Raó de càlcul per superfície [W/m <sup>2</sup> ]	Superfície construïda [m <sup>2</sup> ]	
22	Mòdul A: Client 11	1,5	2500	100	1250	128.75
	Mòdul B: Client 12	1,5	2500	100	1000	103.75
22	Mòdul A: Client 13	1,5	2500	100	1500	173.75
	Mòdul B: Client 14	1,5	2500	100	1000	103.75
22b	Client 15	1,5	5000	100	2500	257.5
22b	Mòdul A: Client 16	1,5	7500	100	1500	161.25
	Mòdul B: Client 17	1,5	7500	100	1500	161.25
20	Mòdul A: Client 18	1,5	0	100	1000	100
	Mòdul B: Client 19	1,5	0	100	1000	100

Fig. A.2. Demanda d'energia per parcel·la a la segona etapa

Per tant, aplicant un factor de potència de 0,8, les previsions de potència aparent demandada pels consumidors actuals i previstos en les parcel·les a alimentar durant les dues etapes són les següents:

Any	Potència demandada
<b>Etapa 1 (2016)</b>	2,19 MVA
<b>Etapa 2 (2017)</b>	1,61 MVA

Fig. A.3. Estimació de potència demandada total per etapa

Sent la potència màxima demandada al 2017 de 3,80 MVA.



El consums de referència que hem agafat són valors reals de consums finals, per tant en el dimensionament de la central s'haurà de tenir en compte les pèrdues en transformació i distribució.

S'agafaran valors amb un marge suficient per tal que les pèrdues a la transformació MT/BT, les pèrdues a la distribució MT i les pèrdues a la transformació BT/MT entrin dins d'aquest supòsit:

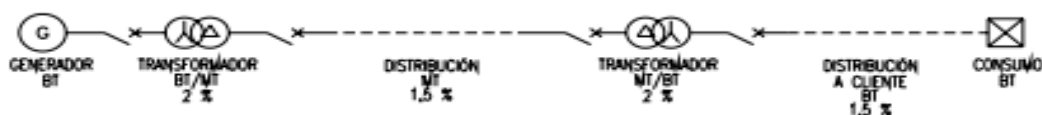


Fig. A.4. Estimació de pèrdues en la instal·lació

Per tant les necessitats de generació aplicant l'Eq. A.2 són les següents:

$$P_c = P_t \cdot (1+0,02+0,01+0,02+0,015) \quad (\text{Eq. A.2})$$

Any	Potència demandada	Potència corregida
<b>2016</b>	2,19 MVA	2,33 MVA
<b>2017</b>	1,61 MVA	1,71 MVA

Fig. A.5. Valors de potència demandada i corregida totals per any

La denominada potència corregida suposa la potència màxima sol·licitada per a la xarxa de distribució, sent aquesta de 4,04 MVA. Aquesta correspon a la potència total del segon any.



## A.2 Càlculs de la generació d'energia elèctrica

A continuació, per a calcular el tipus i nombre de motogeneradors necessaris es tindran en compte les següents dades:

- Que hi hagi un motogenerador en reserva en cas d'avaria, treballant els altres a màxima càrrega si fos necessari.
- En cas de no avaria, prioritzar el reduir el consum de combustible i per a que no treballin a màxima potència es buscarà un regim de treball menor del 75%.

### A.2.1 Dades de partida

Per tal de generar 4,04 MVA d'energia elèctrica tindrem en compte les següents consideracions:.

- Tensió de sortida: 400 V trifàsic
- Tipus de combustible escollit: gasoli
- Freqüència: 50 Hz
- Rendiment alt
- Consum de combustible acceptable
- Màxim de insonoritzats possible
- Sistemes de control de residus
- Emissions a l'atmosfera

Agafant motogeneradors de 1600 MVA i en el cas de màxima demanda (tots els clients consumint el màxim demandat) podem definir una configuració dels motogeneradors per etapa i per situacions reals.

Per a la primera etapa farem una disposició de tres motogeneradors de 1600 kVA

- Amb cap motor avariament (treballaran a un regim aproximat del 50% ja que la potència total instal·lada en aquesta etapa és de 4,8 MVA):

$$3 \cdot 1600 = 4800 \text{ kVA} = 4,8 \text{ MVA} > 2,33 \text{ MVA} \rightarrow 48,54 \%$$



- Amb un motor avariament (els altres dos treballaran a un règim aproximat del 74% ja que la potència total disponible en aquest cas serà de 3,2 MVA):

$$2 \cdot 1600 = 3200 \text{ kVA} = 3,2 \text{ MVA} > 2,33 \text{ MVA} \rightarrow 72,81 \%$$

Podem observar que en la primera etapa es compleix la nostra intenció de que treballin per sota del 75 % si no hi hagués cap motor avariament i per sota del 100 % en cas que hi hagués un motor avariament.

Per a la segona etapa farem una disposició de quatre motogeneradors de 1600 kVA

- Amb cap motor avariament (treballaran a un règim aproximat del 63% ja que la potència total instal·lada en aquesta etapa és de 6,4 MVA):

$$4 \cdot 1600 = 6400 \text{ kVA} = 6,4 \text{ MVA} > 4,04 \text{ MVA} \rightarrow 63,12 \%$$

- Amb un motor avariament (els altres tres treballaran a un règim aproximat del 84% ja que la potència total disponible en aquest cas serà de 4,8 MVA):

$$3 \cdot 1600 = 4800 \text{ kVA} = 4,8 \text{ MVA} > 4,04 \text{ MVA} \rightarrow 84,16 \%$$

Podem observar que en la segona etapa també es compleix la nostra intenció de que treballin per sota del 75 % si no hi hagués cap motor avariament i per sota del 100 % en cas que hi hagués un motor avariament.

Per tant, veiem que la configuració escollida és capaç de generar l'energia demandada per a tots els clients projectats en les situacions previstes.

A la taula de la Fig.A.6 tenim les principals característiques dels motogeneradors escollits:

<b>Motogenerador</b>	<b>Tipus de combustible..... Gasoli</b>
<b>Marca..... CATERPILLAR</b>	<b>Potència ..... 1600 kVA / 1280 kWe</b>
<b>Model. .... 3512B-HD DITA</b>	<b>Tensió.. .... 400 V trifàsica</b>

Fig. A.6. Motogenerador escollit per a la C.G.E.P.





### A.3 Càlculs de l'emmagatzematge de combustible

La C.G.E.P. generarà energia a partir de combustibles fòssils, en el nostre cas gasoli.

Per tal de dimensionar el volum de combustible a emmagatzemar i dissenyar la seva configuració hem de valorar les següents dades:

Dades del combustible:

- Tipus: gasoli API 35° a 16°
- Poder calorífic: PCI = 42780 kJ/kg
- Densitat de 838,9 kg/m<sup>3</sup> quan s'utilitza a 29°C.

Els consums de l'únic tipus de motogenerador de que constarà la nostra instal·lació és:

---

<b>Motogenerador</b>	1600 kVA
<b>Consum de combustible a 100% de càrrega</b>	325,4 l/h
<b>Consum de combustible a 75% de càrrega</b>	244,8 l/h
<b>Consum de combustible a 50% de càrrega</b>	169,9 l/h
<b>Consum específic</b>	201,5 g/kW

---

---

Fig. A.7. Valors de consums de combustible a règims de treball diferents

Dades de funcionament:

- 24 hores els 7 dies a la setmana els 365 dies de l'any.
- al no ser conegudes les corbes de càrrega dels consums de les nits i caps de setmana, es suposarà una disminució del 40% en aquestes franges horàries.



### A.3.1 Dimensionat dels dipòsits d'emmagatzematge

Per tal de definir un sistema d'emmagatzematge amb una autonomia de 24 hores, set dies treballant de manera continua, haurem de calcular-ho en la situació més desfavorable.

Es farà servir l'equació Eq. A.3:

$$V_c = t_a \cdot N_{1600} \cdot C_{1600} \quad (\text{Eq. A.3})$$

En cas que no tinguem el valor real de consum específic als règims en els quals treballaran els grups electrògens agafarem l'immediatament superior dels valors de consum que coneixem. Així també tindrem un petit marge en aquesta qüestió.

Substituint valors obtindrem els volums que haurem de considerar per a configurar el nostre sistema d'emmagatzematge:

Per a la primera etapa farem una disposició de tres motogeneradors de 1600 kVA

- Amb cap motor avariats (treballaran a un regim aproximat del 50% ja que la potència total instal·lada en aquesta etapa és de 4,8 MVA):

$$V_d^1 = 24 \cdot (5 \cdot 1 \cdot 0,66 + 5 \cdot 0,6 \cdot 0,33 + 2 \cdot 0,60) \cdot (3169,9) = 67,69 \text{kl}$$

- Amb un motor avariats (els altres dos treballaran a un regim aproximat del 74% ja que la potència total disponible en aquest cas serà de 3,2 MVA):

$$V_d^2 = 24 \cdot (5 \cdot 1 \cdot 0,66 + 5 \cdot 0,6 \cdot 0,33 + 2 \cdot 0,60) \cdot (2244,81/\text{h}) = 65,02 \text{kl}$$

Per a la segona etapa farem una disposició de quatre motogeneradors de 1600 kVA

- Amb cap motor avariats (treballaran a un regim aproximat del 63% ja que la potència total instal·lada en aquesta etapa és de 6,4 MVA):

$$V_d^3 = 24 \cdot (5 \cdot 1 \cdot 0,66 + 5 \cdot 0,6 \cdot 0,33 + 2 \cdot 0,60) \cdot (4244,8) = 130,04 \text{kl}$$



- Amb un motor avariament (els altres tres treballaran a un regim aproximat del 84% ja que la potència total disponible en aquest cas serà de 4,8 MVA):

$$V_d^4 = 24 \cdot (5 \cdot 1 \cdot 0,66 + 5 \cdot 0,6 \cdot 0,33 + 2 \cdot 0,60) \cdot (3325,4) = 129,63 \text{kl}$$

S'observa que el màxim volum de combustible que es necessita per tal de tenir una autonomia de 24 hores i de set dies és de aproximadament 130 kl, per tant es decideix posar tres dipòsits de 100 kl cadascun dels quals dos treballaran habitualment i un tercer en cas d'avaría o en fase de recàrrega d'un dels principals.

Dits dipòsits s'ompliran mitjançant camions cisterna, cada set dies.

Amb aquestes dades escollirem dipòsits de la marca Lapesa i del tipus LFD 100P. A la Fig. A.8 podem veure l'esquema de dit dipòsit:

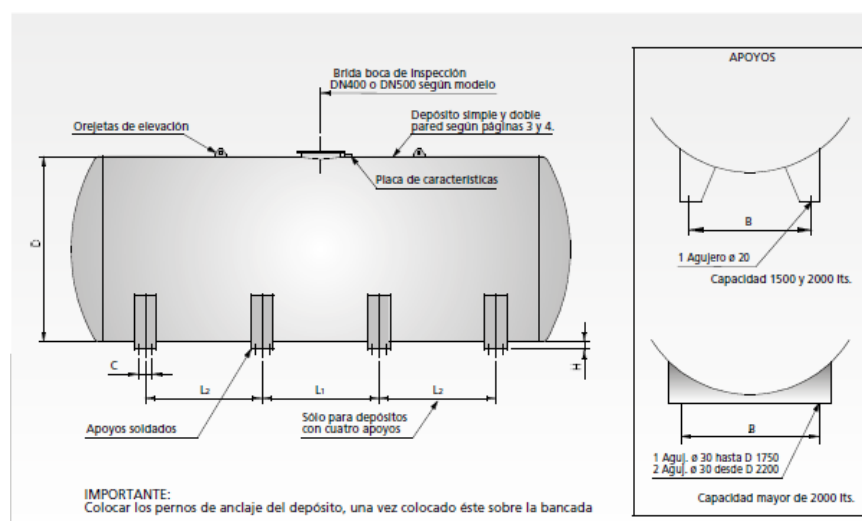


Fig. A.8. Esquema del dipòsit Lapesa LFD 100P [Font: *Depósitos atmosféricos Lapesa*]



I les seves dimensions són les següents:

Simple pared						Doble pared					
Capacidad nominal (litros)	Diámetro nominal D	Modelo Ref.	Nº Apoyos	Dimensiones (mm.)		Modelo Ref.	Nº Apoyos	Dimensiones (mm.)		Dimensiones (mm.)	
				L1	L2			L1	L2	H	B C
1500	1200	LF 1500 P	2	1020	-	LFD 1500 P	2	1020	-	100	740 -
2000	1200	LF 2000 P	2	1420	-	LFD 2000 P	2	1420	-	100	740 -
3000	1500	LF 3000 P	2	1300	-	LFD 3000 P	2	1300	-	75	1000 -
5000	1750	LF 5000 P	2	1400	-	LFD 5000 P	2	1400	-	100	1200 -
7500	1750	LF 7500 P	2	2300	-	LFD 7500 P	2	2300	-	100	1200 -
10000	1750	LF 10 P	2	3400	-	LFD 10 P	3	1700	1700	100	1200 -
15000	2200	LF 15 P	2	3000	-	LFD 15 P	2	3000	-	100	1800 150
20000	2500	LF 20 P	2	3200	-	LFD 20 P	2	3200	-	100	2000 150
25000	2500	LF 25 P	2	3700	-	LFD 25 P	2	3700	-	100	2000 150
30000	2500	LF 30 P	2	5150	-	LFD 30 P	3	2575	2575	100	2000 150
40000	2500	LF 40 P	2	7100	-	LFD 40 P	3	3550	3550	100	2000 150
50000	2500	LF 50 P	2	9300	-	LFD 50 P	4	3100	3100	100	2000 150
60000	2500	LF 60 P	3	5450	5450	LFD 60 P	4	3400	3750	100	2000 150
80000	3000	LF 80 P	2	10300	-	LFD 80 P	4	4500	2900	100	2500 200
100000	3000	LF 100 P	3	6425	6425	LFD 100 P	4	4200	4325	100	2500 200
120000	3000	LF 120 P	3	7800	7800	LFD 120 P	5	3900	3900	100	2500 200

Fig A.9. Dimensions del dipòsit Lapesa LFD 100P [Font: *Depósitos atmosféricos Lapesa*]

## A.4 Càlculs de la instal·lació de mitjana tensió

### A.4.1 Transformador de potència elevador 400/25000 V

Agafarem un regim de càrrega del transformador de 75% de la seva potència nominal, amb la finalitat de reduir les pèrdues de càrrega del mateix i aconseguir un marge de reserva davant augments de càrrega més o menys llargs.

Per a calcular la potència màxima generada hem d'agafar el cas de màxima demanda d'energia elèctrica (corregida tenint en compte les pèrdues sofertes en la instal·lació) per part dels futurs clients. Aquesta es donarà durant la segona etapa del projecte amb tots els clients treballant al màxim de la seva capacitat.

Tal com hem vist a l'apartat A.1, la potència màxima demandada corregida és de 4,04 MVA.

Per a tenir en compte el regim de càrrega a que volem que treballi el nostre transformador farem servir l'Eq. A.4:

$$S'_n = \frac{S}{0,75} \quad (\text{Eq. A.4})$$



Substituint valors a l'equació Eq. A.4 obtenim una potència desitjada per al nostre transformador de 5386,6 kVA.

Per tant, s'instal·larà el transformador elevador que tingui una potència nominal més propera a la calculada.

Aquest transformador és de la casa Alkargo i la seva potència nominal és de 6,3 MVA.

Per a accedir al detall de les seves característiques vegeu el catàleg indicat a la bibliografia [3].

#### A.4.2 Pont de cable de mitjana tensió

Les dades de partida seran les següents:

- El nostre projecte és d'una tensió nominal de 25 kV i una tensió màxima de 30 kV
- Es realitzarà una instal·lació soterrada
- Farem servir cables unipolars
- Escollirem cables aïllats amb polietilè reticulat (XLPE), Votalene

La nostra instal·lació s'executarà amb les següents especificacions:

- Amb cable soterrat directament en terreny
- És un sistema trifàsic amb neutre a terra
- La xarxa projectada entra dintre de la categoria C

REDES TRIFÁSICAS DE CORRIENTE ALTERNA CON TENSIÓN NOMINAL SUPERIOR A 1 kV Y SIN EXCEDER DE 30 kV (TERCERA CATEGORÍA)

Tensión nominal (Un) kV	Tensión máxima (Um) kV
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20	24
25	30
30	36

Fig. A.10. Valors de tensió nominal i màxima segons categoria de la xarxa [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]



Arran d'aquestes primeres dades obtenim que el cable a utilitzar és de tensió nominal  $U_o/U$  de 18/30 kV.

Red sistema trifásico			Cable a utilizar Tensión nominal del cable $U_o/U$ (kV)
Tensión nominal $U$ (kV)	Tensión más elevada de la red $U_m$ (kV)	Categoría de la red	
3	3.6	A-B	1.8/3
		C	3.6/6
6	7.2	A-B	6/10
		C	8.7/15
10	12	A-B	12/20
		C	15/25
15	17.5	A-B	18/30
		C	26/45
20	24	A-B	
		C	
25	30	A-B	
		C	
30	36	A-B	
		C	

Fig. A.11. Valors de tensió nominal de cable a utilitzar [Font: *Prysmian, Cables & Sistemas*]

Per a determinar la secció de cable es precisa realitzar uns càlculs en base a tres consideracions:

1. Intensitat màxima admissible pel cable en servei permanent
2. Intensitat màxima admissible en curtcircuit durant un temps determinat
3. Caiguda de tensió

### **Criteri de la secció per intensitat màxima admissible**

S'han pres les consideracions següents:

- Temperatura del terreny, 30 °C
- Tres ternes de cables unipolars agrupats en contacte mutu
- Terreny de resistivitat tèrmica normal (1,5 K·m/W)
- Profunditat de la instal·lació de 100 cm



En la instal·lació soterrada projectada tenim els següents factors de correcció per a aplicar a la intensitat màxima del conductor (vegeu les taules de les figures A.12 i A.13):

- Per a terrenys amb temperatura diferent de 25 °C. En el nostre cas suposem una temperatura de 30 °C per tant tenim una correcció de 0,96
- Per a cables directament soterrats amb tres ternes amb separació de 0,2 m entre elles el factor de correcció serà de 0,73

Temperatura de servicio, $\theta_s$ , en °C	Temperatura del terreno, $\theta_t$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105 (Eprotenax Compact)	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90 (Vottalene)	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

Fig. A.12. Coeficient de correcció per a instal·lacions soterrades en terrenys a temperatura diferent de 25°C [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]

#### COEFICIENTES DE CORRECCIÓN

Tipo de instalación	Separación de los ternos	Factor de corrección								
		Número de ternos en la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d = 0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	—
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	—	—	—
Cables bajo tubo	En contacto (d = 0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	—
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	—	—	—	—

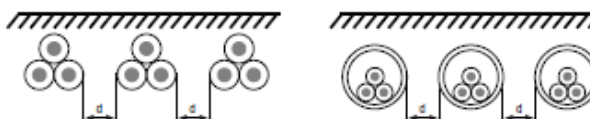


Fig. A.13. Coeficient de correcció per a instal·lacions soterrades amb cables trifàsics o amb ternes de cables agrupats sota terra [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]



Per a calcular la Intensitat de corrent a la sortida del transformador tenim les següents dades:

- Potència aparent,  $S = 6,3 \text{ MVA}$
- Tensió nominal màxima del cable,  $U = 25 \text{ kV}$

Amb aquestes dades i els factors de correcció obtindrem una intensitat màxima admissible de 207,60 A, segons l'Eq. A.5.:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \rightarrow I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 25 \cdot 0.96 \cdot 0.73} = 207,60 \text{ A} \quad (\text{Eq. A.5})$$

Agafarem un conductor d'alumini amb secció  $240 \text{ mm}^2$  per tal que tot el subministrament de cable sigui de la mateixa secció i com veurem en l'annex B, la secció del cable escollit per a la xarxa de distribució serà del  $240 \text{ mm}^2$ .

Como vegeu a la taula de la Fig. A.14, es compleix que la intensitat calculada de 207,60 A és menor que la màxima admissible que ens marca aquesta taula que és de 345 A.

Sección nominal $\text{mm}^2$	Tensión nominal					
	90 °C 1,8/3 kV a 18/30 kV					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Conductores de Al						
16	92	80	78	74	76	70
25	120	110	100	94	95	90
35	145	130	120	110	115	105
50	170	155	140	130	135	125
70	210	195	170	160	165	155
95	255	235	205	190	200	180
120	295	270	235	215	225	205
150	335	305	260	245	255	230
185	385	345	295	280	285	260
240	455	405	345	320	330	305
300	520	465	390	365	375	345
400	610	-	445	415	-	-
500	715	-	505	480	-	-
630	830	-	575	545	-	-

Fig. A.14. Intensitat màxima admissible (A), en servei permanent, per a cables aïllats amb XLPE (Voltalene) sense armadura [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]





### Criteri de la secció per caiguda de tensió

La caiguda de tensió en aquest pont de cable de mitjana tensió tindrà molt poca rellevància ja que té poca longitud. Aquest criteri és important principalment en línies de gran llargària.

De totes maneres, donarem les dades necessàries per a fer el càlcul corresponent (vegeu les taules de les figures A.15 i A.16):

- Longitud de línia en km,  $L = 0,03$  km
- Intensitat en A,  $I \approx 207$  A
- Resistència de la línia en  $\Omega/\text{km}$ ,  $R = 0,168$   $\Omega/\text{km}$
- $\cos \theta = 0,8 \rightarrow \sin \theta = 0,6$
- Reactància de la línia en  $\Omega/\text{km}$ ,  $X = 0,114$   $\Omega/\text{km}$

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Resistencia máxima en c.a. y a 90°C en $\Omega/\text{km}$			
	Cables Unipolares		Cables Tripolares	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.310	-	2.346	-
16	1.455	2.392	1.479	2.431
25	0.918	1.513	0.936	1.542
35	0.663	1.093	0.675	1.112
50	0.490	0.800	0.499	0.822
70	0.339	0.558	0.345	0.568
95	0.245	0.430	0.249	0.410
120	0.195	0.321	0.197	0.324
150	0.159	0.277	0.161	0.265
185	0.127	0.209	0.129	0.212
240	0.098	0.168	0.099	0.163
300	0.078	0.128	-	-
400	0.062	0.105	-	-
500	0.051	0.084	-	-

Fig. A.15. Valors de resistència a la freqüència de 50 Hz [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]



Sección nominal mm <sup>2</sup>	Reactancia X en Ω/km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.136	0.141	-	-	-	-	-
16	0.126	0.130	0.143	-	-	-	-
25	0.117	0.121	0.134	0.141	-	-	-
35	0.111	0.115	0.128	0.135	0.146	-	-
50	0.106	0.109	0.122	0.128	0.138	0.144	0.149
70	0.100	0.103	0.115	0.120	0.130	0.136	0.141
95	0.095	0.098	0.110	0.115	0.125	0.129	0.132
120	0.092	0.095	0.106	0.111	0.120	0.123	0.127
150	0.090	0.092	0.102	0.108	0.117	0.120	0.123
185	0.088	0.091	0.100	0.104	0.112	0.118	0.120
240	0.085	0.088	0.097	0.101	0.119	0.116	0.114
300	0.083	0.087	0.093	0.097	0.104	0.108	0.111
400	0.081	0.085	0.091	0.095	0.101	0.104	0.106
500	0.080	0.084	0.089	0.092	0.098	0.100	0.102

Fig. A.16. Valors de reactància a la freqüència de 50 Hz [Font: Prysmian, Cables & Sistemes]

La caiguda de tensió ( $\Delta U$ ) es calcularà amb l'Eq.A.6:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (\text{Eq. A.6})$$

I substituint valors obtenim una  $\Delta U$  de 2,18 V i com que aquesta és menor que el 5% de la tensió nominal màxima del cable (amb 25 kV,  $\Delta U/U = 0,00872\%$ ), podem dir que es compleix aquest criteri.

### Criteri de la secció per intensitat de curtcircuit

Per a aplicar aquest criteri hem de tenir en compte les següents dades:

- Potència de curtcircuit,  $S_{cc} = 400 \text{ MVA}$
- Temps de resposta de les proteccions,  $t_{cc} = 0,5 \text{ s}$

Abans de tot hem de calcular la intensitat de curtcircuit màxima a suportar per la línia a partir de la potència de curtcircuit i segons l'Eq. A.7:

$$S_{cc} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{cc} \rightarrow I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{400000}{\sqrt{3} \cdot 25} = 9,23 \text{ kA} \quad (\text{Eq. A.7})$$



A continuació, segons la taula de la Fig. A.17 en que tenim els valors màxims de densitat de corrent en  $A/mm^2$  en funció de la durada del curtcircuit per a conductors d'alumini, i sabent que el nostre cable serà d'aïllament XLPE, obtenim que per a la secció de  $240 mm^2$  una  $I_{cc}$  de 22,56 kA. Aquesta és major a 9,23 kA

1 x secció conductor (Al)/secció pantalla (Cu) ( $mm^2$ )	Intensidad máxima admisible bajo tubo y enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible directamente enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible al aire** (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor durante 1 s (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla durante 1 s*** (A)
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 (pant, 16 $mm^2$ )
1x95/16 (1)	190	205	255	8930	3130
1x150/16 (2)	245	260	335	14100	3130
1x240/16 (2)	320	345	455	22560	3130
1x400/16 (2)	415	445	610	37600	3130

Fig. A.17. Valors d'intensitat de curtcircuit [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]

Per tant, podem concloure que complirà amb aquest criteri.

Per a finalitzar indicarem que el cable escollit és un cable AL RHZ1-OL de 18/30 kV amb aïllament XLPE i secció de  $240 mm^2$ .

#### A.4.3 Centre de distribució

A continuació descriurem els elements que conformen el centre de distribució:

##### a) Cel·les de distribució

El sistema de cel·les modulars, dissenyat per a treballar en xarxes de mitjana tensió, disposa de versions específiques per als nivells de tensió i intensitat corresponents.

Tensión asignada [kV]	12	24	36
Intensidad asignada [A]	400 y 630	400 y 630	400 y 630
Intensidad de corta duración [kA]	16 y 20	16 y 20	16 y 20

Fig. A.18. Nivells de tensió i intensitat per a sistemes de cel·les modulars [Font: Ormazabal]



A continuació veiem els tres tipus de cel·les que configuren el centre de distribució. Seran de la marca ORMAZABAL:

1. La cel·la CMP-F es farà servir per a la protecció del transformador auxiliar

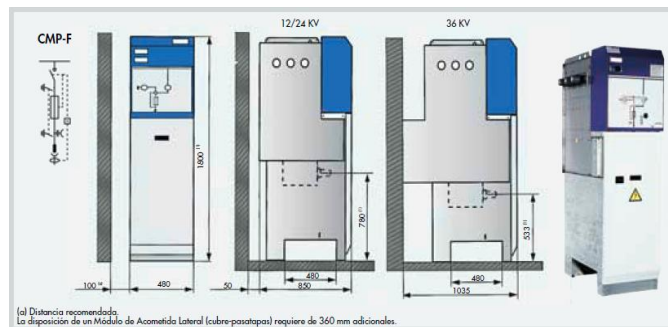


Fig. A.19. Esquema i dimensions de la cel·la modular CMP-F  
[Font: Ormazabal]

2. Les cel·les CMP-V es farà servir per a la protecció de les línies soterrades

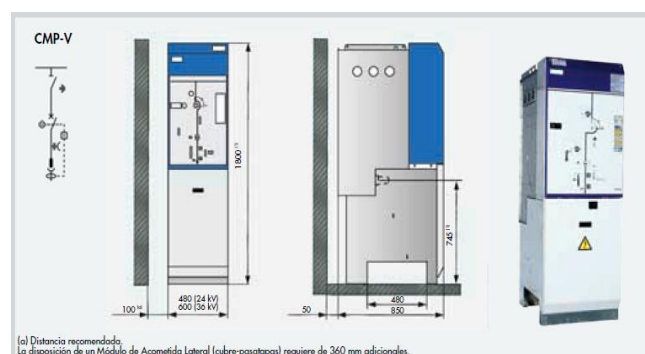


Fig. A.20. Esquema i dimensions de la cel·la modular CMP-V [Font: Ormazabal]



3. La cel·la de mesura CMM es col·locarà abans de la cel·la de protecció del transformador auxiliar.

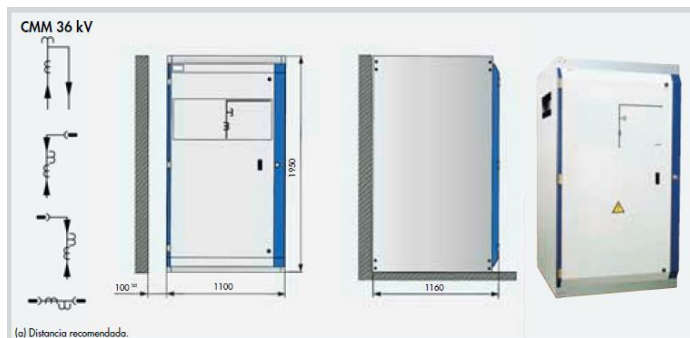


Fig. A.21. Esquema i dimensions de la cel·la modular CMM [Font: Ormazabal]

Les especificacions tècniques de cada tipus de cel·la que farem servir seran:

FUNCIÓN DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES			
	CMP-F-12	CMP-F-24	CMP-F-36
Características eléctricas			
Tensión asignada [kV]	12	24	36
Intensidad asignada embarrado [A]	400/630	400/630	400/630
Intensidad asignada en la derivación [A]	200	200	200
Intensidad de corta duración embarrado superior (1 ó 3 s) [kA]	16/20	16/20	16/20
Nivel de aislamiento:			
Frecuencia industrial (1 min)			
a tierra y entre fases [kV]	28	50	70
a la distancia de seccionamiento [kV]	32	60	80
Impulso tipo rayo			
a tierra y entre fases [kV] <sup>CRESTA</sup>	75	125	170
a la distancia de seccionamiento [kV] <sup>CRESTA</sup>	85	145	195
Capacidad de cierre [kA] <sup>CRESTA</sup> (antes-después de fusibles)	2,5	2,5	2,5
Capacidad de corte			
Corriente principalmente activa [A]	400/630	400/630	400/630
Corriente capacitiva [A]	31,5	31,5	50
Corriente inductiva [A]	16	16	16
Falta a tierra I <sub>CE</sub> [A]	63	63	63
Falta a tierra $\sqrt{3} I_{CL}$ [A]	31,5	31,5	31,5
Capacidad de ruptura combinación interruptor-fusibles [kA]	20	20	20
Corriente de transferencia (UNE-EN 60420) [A]	1500	600	320
Características físicas			
Ancho [mm]	480	480	480
Alto [mm]	1800 <sup>(1)</sup>	1800 <sup>(1)</sup>	1800 <sup>(1)</sup>
Fondo [mm]	850	850	1035
Peso [kg]	200 <sup>(2)</sup>	200 <sup>(2)</sup>	255 <sup>(2)</sup>

Fig. A.22. Especificacions tècniques de la cel·la CMP-F [Font: Ormazabal]



FUNCIÓN DE INTERRUPTOR AUTOMÁTICO			
	CMP-V-12	CMP-V-24	CMP-V-36
<b>Características eléctricas</b>			
Tensión asignada [kV]	12	24	36
Intensidad asignada [A]	400/630	400/630	400/630
Intensidad de corta duración (3 s) [kA]	12,5/16/20	12,5/16/20	12,5/16/20
Capacidad de cierre [kA] <sup>CRESTA</sup>	31/40/50	31/40/50	31/40/50
Capacidad de ruptura [kA]	12,5/16/20	12,5/16/20	12,5/16/20
Nivel de aislamiento:			
Frecuencia industrial (1 min)			
a tierra y entre fases [kV]	28	50	70
a la distancia de seccionamiento [kV]	32	60	80
Impulso tipo rayo			
a tierra y entre fases [kV] <sup>CRESTA</sup>	75	125	170
a la distancia de seccionamiento [kV] <sup>CRESTA</sup>	85	145	195
<b>Características físicas</b>			
Ancho [mm]	480	480	600
Alto [mm]	1800 <sup>(1)</sup>	1800 <sup>(1)</sup>	1800 <sup>(1)</sup>
Fondo [mm]	850	850	850
Peso [kg]	218 <sup>(2)</sup>	218 <sup>(2)</sup>	238 <sup>(2)</sup>

Fig. A.23. Especificacions tècniques de la cel·la CMP-V [Font: Ormazabal]

FUNCIÓN DE MEDIDA			
	CMM-12	CMM-24	CMM-36
<b>Características eléctricas</b>			
Tensión asignada [kV]	12	24	36
<b>Características físicas</b>			
Ancho [mm]	800	800	1100
Alto [mm]	1800	1800	1950
Fondo [mm]	1025	1025	1160
Peso [kg]	180 <sup>(1)</sup>	180 <sup>(1)</sup>	290 <sup>(1)</sup>

Fig. A.24. Especificacions tècniques de la cel·la CMM [Font: Ormazabal]

Per a l'esquema unifilar i els plànols de la instal·lació vegeu l'annex F.

b) Transformador auxiliar

Aquest serà d'una tensió nominal de 400 kVA i amb una relació de transformació de 25/0,4 kV.



Escollim dos transformadors auxiliars de la marca Ormazabal amb les característiques elèctriques següents, segon la taula de la Fig. A.25 :

Características eléctricas		36 kV: B <sub>036</sub> B <sub>K36</sub>									
Potencia asignada [kVA]		250	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500(*)
Tensión asignada (Ur)	Primaria [kV]						25				
	Secundaria en vacío [V]						420				
Grupo de Conexión							Dyn11				
Pérdidas en Vacío - P <sub>0</sub> [W]	Lista B <sub>036</sub>	650	930	1100	1300	1500	1700	2100	2600	3150	3800
Pérdidas en Carga - P <sub>k</sub> [W]	Lista B <sub>K36</sub>	3500	4900	5600	6500	8400	10500	13500	17000	21000	26500
Impedancia de Cortocircuito (%) a 75°C		4.5	4.5	4.5	4.5	6	6	6	6	6	6
Nivel de Potencia Acústica L <sub>WA</sub> [dB]	Lista B <sub>036</sub>	62	65	66	67	68	68	70	71	73	76
Caida de tensión a plena carga (%)	cos φ = 1	1.49	1.32	1.21	1.13	1.22	1.22	1.25	1.24	1.22	1.23
	cos φ = 0.8	3.72	3.62	3.55	3.50	4.47	4.47	4.49	4.48	4.47	4.47
Rendimiento (%)	CARGA 100%										
	cos φ = 1	98.37	98.56	98.68	98.78	98.78	98.79	98.77	98.79	98.81	98.80
	cos φ = 0.8	97.97	98.21	98.35	98.48	98.48	98.50	98.46	98.49	98.51	98.51
	CARGA 75%										
	cos φ = 1	98.62	98.79	98.88	98.96	98.97	99.00	98.98	99.00	99.01	99.01
	cos φ = 0.8	98.28	98.49	98.60	98.71	98.72	98.75	98.72	98.75	98.77	98.77

Fig. A.25. Especificacions tècniques del transformador auxiliar [Font: Ormazabal]

## A.5 Sistema de la presa de terra

### A.5.1 Transformador de potència Alkargo

#### A.5.1.1 Dades de partida

Per al disseny i càlcul del sistema de presa de terra són necessaris els següents valors:

- Tensió de línia de servei d'MT del centre de transformació,  $U = 25 \text{ kV}$
- Freqüència de la xarxa,  $f = 50 \text{ Hz}$
- Reenganxament en menys de 0,5 s
- Presa de terra del neutre,  $R_n = 0 \Omega$ ,  $X_n = 25 \Omega$
- Resistivitat del terreny,  $\rho = 90 \Omega\text{m}$
- Nivell d'aïllament en BT ,  $U_{BT} = 4000 \text{ V}$



### A.5.1.2 Condicions que ha de complir l'elèctrode escollit

Seguretat de les persones:

- Tensió de pas calculada,  $(U'_p) \leq$  Tensió de pas màxima admissible  $(U_p)$
- Tensió de pas calculada en l'accés al CT  $(U'_{a(acc)}) \leq$  Tensió de pas màxima admissible  $(U_{p(acc)})$
- Tensió de contacte calculada  $(U'_c) \leq$  Tensió de contacte màxima admissible  $(U_c)$

Protecció material:

- Tensió de defecte,  $(U'_d) \leq$  Nivell d'aïllament en BT  $(U_{BT})$

Limitació de corrent de defecte:

- Intensitat de defecte,  $(I'_d) >$  Intensitat d'arrencada del relé,  $(I_a)$

### A.5.1.3 Tensions màximes admissibles en la instal·lació

Aquestes tensions es determinen segons la MIE-RAT 13, amb les expressions següents:

Tensió de pas màxima admissible a l'exterior de la instal·lació:

$$U_p = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000} \right) \quad (\text{Eq. A.8})$$

Tensió de contacte màxima admissible a l'exterior de la instal·lació :

$$U_c = \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right) \quad (\text{Eq. A.9})$$

En l'accés al recinte del transformador es molt probable que la resistivitat superficial del terreny sigui diferent per a cada peu, ja que els paviments interiors i exteriors poden ser diferents. Per aquest motiu, convé calcular la tensió de pas màxima en l'accés al transformador, segons l'expressió:

$$U_{p(acc)} = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho'_s}{1000} \right) \quad (\text{Eq. A.10})$$





Per a calcular aquestes tensions es faran servir els valors de:

- $K, n$ : constants que depenen del temps total màxim d'eliminació del defecte ( $t$ ). Els valors s'obtidran de la MIE-RAT 13 apartat 1.1:
  - Per a  $t < 0,9$  s :  $k = 72$  i  $n = 1$
- $\rho'_s$  : resistivitat del terreny a l'interior del CT,  $\rho'_s = 3000 \Omega m$
- La durada total de desconexió és 0,5 s

Per a calcular la intensitat de defecte i el temps màxim corresponent a l'eliminació del defecte hem de decidir la configuració preliminar dels elèctrodes. La disposició escollida (independentment del nombre de piques) serà tal que la seva resistència unitària, ( $K_r$ ) compleixi:

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} \quad (\text{Eq. A.12})$$

I per a calcular la  $R_t$  hem de resoldre el següent sistema d'equacions:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$
$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (\text{Eq. A.13})$$

Del sistema d'equacions Eq. A.13, obtenim una intensitat de defecte de 554,74 A i una resistència de 7,21  $\Omega$ .

Substituint valor a l' Eq. A.12 obtenim que la  $K_r$  ha de ser menor o igual que 0,0801  $\Omega m$ .

Per tant la configuració preliminar dels elèctrodes que estudiarem serà:

- Dimensions horitzontals dels elèctrodes serà de 6 m x 4 m
- Fondària de 0,50 m
- Secció del conductor de coure de 50 mm<sup>2</sup>
- Diàmetre de les piques de 14 mm<sup>2</sup>



- Longitud de les piques de 2 m
- El nombre de piques serà 4

Amb aquesta configuració obtenim els paràmetres característics següents (vegeu la taula de la Fig. A.26):

- $K_r = 0,080 \Omega/\text{m}$  (resistència)
- $K_p = 0,0177 \text{ V}/\Omega/\text{m}/\text{A}$  (tensió de pas)
- $K_c = K_{p(\text{acc})} = 0,0389 \text{ V}/\Omega/\text{m}/\text{A}$  (tensió de contacte exterior)

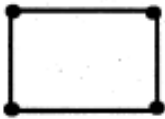
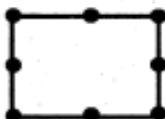
CONFIGURACION	$L_p$ (m)	RESISTENCIA $K_r$	TENSION DE PASO $K_p$	TENSION DE CONTACTO EXT $K_c = K_{p(\text{acc})}$	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.102	0.0203	0.0605	60-40/5/00
4 picas 	2	0.080	0.0177	0.0389	60-40/5/42
	4	0.067	0.0143	0.0287	60-40/5/44
	6	0.058	0.0119	0.0226	60-40/5/46
	8	0.051	0.0102	0.0185	60-40/5/48
8 picas 	2	0.072	0.0154	0.0321	60-40/5/82
	4	0.057	0.0115	0.0211	60-40/5/84
	6	0.048	0.0091	0.0154	60-40/5/86
	8	0.042	0.0075	0.0119	60-40/5/88

Fig. A.26. Paràmetres característics dels elèctrodes de presa de terra en rectangle de 6 m x 4 m i profunditat de 0,5 m

Per tant, per a aquesta configuració d'elèctrodes, la resistència de presa de terra i la intensitat de defecte en la instal·lació seran:

$$1) R'_t = K_r \cdot \rho = 7,2 \Omega$$

$$2) I'_d = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = 554,79 \text{ A}$$



Els valors de les tensions admissibles per a aquesta configuració d'elèctrodes seran:

- La tensió de pas màxima admissible a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq A.8) serà de 2217,6 V.
- La tensió de contacte màxima admissible a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq A.9) serà de 163,44 V.
- La tensió de pas màxima en l'accés al transformador (substituint valors a l'Eq A.10) serà de 14788,8 V.

#### **A.5.1.4 Càlcul de les tensions màximes en el transformador**

La tensió de pas màxima a l'exterior ve donada per l'Eq A.14 :

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I'_d \quad (\text{Eq. A.14})$$

La tensió de contacte màxima a l'exterior ve donada per l'Eq A.15 :

$$U'_c = K_c \cdot \rho \cdot I'_d \quad (\text{Eq. A.15})$$

La tensió de pas màxima en l'accés serà:

$$U'_{p(acc)} = K_{p(acc)} \cdot \rho \cdot I'_d \quad (\text{Eq. A.16})$$

Els valors de les tensions són:

- La tensió de pas a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq A.14) serà de 883,78 V
- La tensió de contacte a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq.A.15) serà de 1942,31 V
- La tensió de pas en l'accés al recinte del transformador (substituint valors a l'Eq. A.16) serà de 1942,31 V



La tensió de defecte ve donada per l'Eq A.17 i substituint valors obtenim una tensió de defecte de 3994,48 V:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (\text{Eq. A.17})$$

Per a finalitzar, comprovem que es compleixin les condicions indicades al apartat A.5.1.2:

#### **Seguretat de les persones:**

- $U'_P = 883,78 \text{ V} \leq U_P = 2217,6 \text{ V}$
- $U'_{p(\text{acc})} = 1942,31 \text{ V} \leq U_{p(\text{acc})} = 14788,8 \text{ V}$
- $U'_c = 1942,31 \text{ V} \geq U_c = 163,44 \text{ V}$

#### **Protecció material:**

- $U'_d = 3994,48 \text{ V} \leq U_{BT} = 4000 \text{ V}$

#### **Limitació de corrent de defecte:**

- $I'_d = 554,79 \text{ A} > I_a = 20 \text{ A}$

Veiem per tant que es compleixen totes les condicions per a aquest tipus de configuració d'elèctrodes excepte la condició de tensió de contacte.

Per tant haurem d'instal·lar mesures de seguretat addicionals per a evitar tensions de contacte tant a l'interior del recinte del transformador com a l'exterior. Aquestes estan indicades a la memòria del projecte.

#### **A.5.1.5 Càlcul de la distància entre els sistemes de presa de terra**

La distància que ha d'haver-hi, com a mínim, entre els elèctrodes més pròxims dels dos sistemes de presa de terra té com a objectiu aconseguir que la tensió transferida entre els dos quedi limitada a un valor petit.

Per a obtenir la expressió d'aquesta distància, D, es segueix el següent raonament:



1. La tensió induïda en el terreny per una semiesfera a una distància D ve donada per l'equació:

$$U_i = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot D} \quad (\text{Eq. A.18})$$

2. Agafem D com la distància mínima entre els elèctrodes de protecció i servei, i impossem la condició de  $U_i < 1000 \text{ V}$
3. En el nostre cas, substituint valors a l'Eq A.18 s'obté la distància buscada:

$$D \geq 7,95 \text{ m}$$

#### A.5.1.6 Càlcul de la resistència del neutre

La xarxa de terres es realitzarà amb conductor de coure de 50 mm<sup>2</sup> i piques d'acer de dos metres amb un nombre suficient de piques perquè es garanteixi una resistència inferior a 37  $\Omega$  segons recomanen les normes UNESA.

La configuració escollida serà de tres piques en filera separades tres metres entre elles amb una longitud de dos metres i amb un diàmetre de catorze mil·límetres.

La secció del conductor serà de cinquanta mil·límetres quadrats de coure considerant una resistivitat del terreny de 90  $\Omega\text{m}$ .

NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA $K_r$	TENSION DE PASO $K_p$	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32
4	0,104	0,0184	5/42
6	0,073	0,0120	5/62
8	0,0572	0,00345	5/82

Fig. A.27. Paràmetres característics dels elèctrodes de presa de terra en filera amb tres piques de dos metres separades tres metres i a una profunditat de 0,5 m



Per tant, per a aquesta configuració d'elèctrodes, la resistència de presa de terra del neutre serà:

$$R_{tn} = K_r \cdot \rho = 12,15 \, \Omega$$

Com veiem la resistència de presa de terra del neutre és menor de 37  $\Omega$ .

## A.5.2 Centre de distribució

### A.5.2.1 Dades de partida

Per al disseny i càlcul del sistema de presa de terra del centre de distribució són necessaris els següents valors:

- Tensió de línia de servei d'MT del centre de transformació,  $U = 25 \, \text{kV}$
- Freqüència de la xarxa,  $f = 50 \, \text{Hz}$
- Relé a temps independent,  $t'' = 0,5 \, \text{s}$
- Tipus de relé:
  - Corrent d'arrencada del relé,  $I'_a = 50 \, \text{A}$
  - Constant del relé,  $K' = 1,35$ ,  $n' = 1$
- Reenganxament en menys de 0,5 s
- Presa de terra del neutre,  $R_n = 0 \, \Omega$ ,  $X_n = 25 \, \Omega$
- Resistivitat del terreny,  $\rho = 90 \, \Omega\text{m}$
- Nivell d'aïllament en BT,  $U_{BT} = 4000 \, \text{V}$

### A.5.2.2 Condicions que ha de complir l'elèctrode escollit

Seguretat de les persones:

- Tensió de pas calculada,  $(U'_p) \leq$  Tensió de pas màxima admissible ( $U_p$ )



- Tensió de pas calculada en l'accés al CT ( $U'_{a(acc)}$ )  $\leq$  Tensió de pas màxima admissible ( $U_{p(acc)}$ )
- Tensió de contacte calculada ( $U'_c$ )  $\leq$  Tensió de contacte màxima admissible ( $U_c$ )

Protecció material:

- Tensió de defecte, ( $U'_d$ )  $\leq$  Nivell d'aïllament en BT ( $U_{BT}$ )

Limitació de corrent de defecte:

- Intensitat de defecte, ( $I'_d$ )  $>$  Intensitat d'arrencada del relé, ( $I_a$ )

### A.5.2.3 Tensions màximes admissibles en la instal·lació

Aquestes tensions es determinen segons la MIE-RAT 13, amb les expressions següents:

Tensió de pas màxima admissible a l'exterior de la instal·lació:

$$U_p = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000} \right) \quad (\text{Eq. A.19})$$

Tensió de contacte màxima admissible a l'exterior de la instal·lació :

$$U_c = \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right) \quad (\text{Eq. A.20})$$

En l'accés al centre de distribució es molt probable que la resistivitat superficial del terreny sigui diferent per a cada peu, ja que els paviments interiors i exteriors poden ser diferents. Per aquest motiu, convé calcular la tensió de pas màxima en l'accés al centre de distribució, segons l'expressió:

$$U_{p(acc)} = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho'_s}{1000} \right) \quad (\text{Eq. A.21})$$



Per a calcular aquestes tensions es faran servir els valors de:

- $K, n$ : constants que depenen del temps total màxim d'eliminació del defecte ( $t$ ). Els valors s'obtidran de la MIE-RAT 13 apartat 1.1:
  - Per a  $t < 0,9$  s :  $k = 72$  i  $n = 1$
- $\rho'_s$  : resistivitat del terreny en l'interior del centre de distribució,  $\rho'_s = 3000 \Omega m$
- La durada total de desconexió serà  $t = t' + t''$ ; on  $t''$  son 0,5 s i  $t'$  la de desconexió inicial amb relé a temps depenent,
- Desconnexió inicial amb relé a temps depenent:

$$t' = \frac{K'}{(I'_d/I'_a)^{n'} - 1} \quad (\text{Eq. A.22})$$

Per a calcular la intensitat de defecte i el temps màxim corresponent a l'eliminació del defecte hem de decidir la configuració preliminar dels elèctrodes. La disposició escollida (independentment del nombre de piques) serà tal que la seva resistència unitària, ( $K_r$ ) compleixi:

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} \quad (\text{Eq. A.23})$$

I per a calcular la  $R_t$  hem de resoldre el següent sistema d'equacions:

$$I_d \cdot R_t \leq V_{bt}$$

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (\text{Eq. A.24})$$

Del sistema d'equacions Eq. A.24, obtenim una intensitat de defecte de 554,74 A i una resistència de 7,21  $\Omega$ .

Substituint valor a l' Eq. A.23 obtenim que la  $K_r$  ha de ser menor o igual que 0,0801  $\Omega m$ .





Per tant la configuració preliminar dels elèctrodes que estudiarem serà:

- Dimensions horitzontals dels elèctrodes serà de 8 m x 3 m
- Fondària de 0,50 m
- Secció del conductor de coure de 50 mm<sup>2</sup>
- Diàmetre de les piques de 14 mm<sup>2</sup>
- Longitud de les piques de 2 m
- El nombre de piques serà 8

Amb aquesta configuració obtenim els paràmetres característics següents (vegeu la taula de la Fig. A.28):

- $K_r = 0,069 \Omega/\text{m}$  (resistència)
- $K_p = 0,0145 \text{ V}/\Omega/\text{m}/\text{A}$  (tensió de pas)
- $K_c = K_{p(\text{acc})} = 0,0303 \text{ V}/\Omega/\text{m}/\text{A}$  (tensió de contacte exterior)

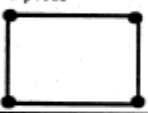

CONFIGURACION	$L_p$ (m)	RESISTENCIA $K_r$	TENSION DE PASO $K_p$	TENSION DE CONTACTO EXT $K_c = K_{p(\text{acc})}$	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.095	0.0185	0.0557	80-30/5/00
4 picas 	2	0.077	0.0165	0.0364	80-30/5/42
	4	0.065	0.0135	0.0272	80-30/5/44
	6	0.056	0.0113	0.0215	80-30/5/46
	8	0.050	0.0097	0.0177	80-30/5/48
8 picas 	2	0.069	0.0145	0.0303	80-30/5/82
	4	0.055	0.0109	0.0201	80-30/5/84
	6	0.047	0.0087	0.0148	80-30/5/86
	8	0.041	0.0072	0.0115	80-30/5/88

Fig. A.28. Paràmetres característics dels elèctrodes de presa de terra en rectangle de 8 m x 3 m i profunditat de 0,5 m



Per tant, per a aquesta configuració d'elèctrodes, la resistència de presa de terra i la intensitat de defecte en la instal·lació seran:

$$1) R'_t = K_r \cdot \rho = 6,21 \, \Omega$$

$$2) I'_d = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = 560,32 \, \text{A}$$

A continuació per a calcular el temps de desconexió substituïrem valors a l'Eq. A.22, obtindrem una  $t'$  de 0,133 s i per tant el temps de desconexió serà de 0,633 s.

Els valors de les tensions admissibles per a aquesta configuració d'elèctrodes seran:

- La tensió de pas màxima admissible a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq A.19) serà de 1751,65 V.
- La tensió de contacte màxima admissible a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq A.20) serà de 129,09 V.
- La tensió de pas màxima en l'accés al CT (substituint valors a l'Eq A.21) serà de 11681,51 V.

#### A.5.2.4 Càlcul de les tensions màximes en el centre de distribució

La tensió de pas màxima a l'exterior ve donada per l'Eq A.25 :

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I'_d \quad (\text{Eq. A.25})$$

La tensió de contacte màxima a l'exterior ve donada per l'Eq A.26 :

$$U'_c = K_c \cdot \rho \cdot I'_d \quad (\text{Eq. A.26})$$

La tensió de pas màxima en l'accés serà:

$$U'_{p(acc)} = K_{p(acc)} \cdot \rho \cdot I'_d \quad (\text{Eq. A.27})$$



Els valors de les tensions són:

- La tensió de pas a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq A.25) serà de 731,21 V
- La tensió de contacte a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq.A.26) serà de 1527,12 V
- La tensió de pas en l'accés al centre de distribució (substituint valors a l'Eq A.27) serà de 1527,12 V

La tensió de defecte ve donada per l'Eq A.28 i substituint valors obtenim una tensió de defecte de 3479,58 V:

$$V'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (\text{Eq. A.28})$$

Per a finalitzar, comprovem que es complexin les condicions indicades a l'apartat A.5.2.2:

**Seguretat de les persones:**

- $U'_p = 731,21 \text{ V} \leq U_p = 1751,65 \text{ V}$
- $U'_{p(\text{acc})} = 1527,12 \text{ V} \leq U_{p(\text{acc})} = 11681,51 \text{ V}$
- $U'_c = 1527,12 \text{ V} \geq U_c = 129,09 \text{ V}$

**Protecció material:**

- $U'_d = 3479,58 \text{ V} \leq U_{BT} = 4000 \text{ V}$

**Limitació de corrent de defecte:**

- $I'_d = 560,32 \text{ A} > I_a = 50 \text{ A}$



Veiem per tant que es compleixen totes les condicions per a aquest tipus de configuració d'elèctrodes excepte la condició de tensió de contacte.

Per tant haurem d'instal·lar mesures de seguretat addicionals per a evitar tensions de contacte tant a l'interior del centre de distribució com a l'exterior. Aquestes estan indicades a la memòria del projecte.

## A.6 Sistemes de detecció i extinció d'incendis

En cas que es produís un incendi, intentem detallar com es limitarà la seva propagació possibilitant la seva extinció.

La C.G.E.P. projectada ocupa una extensió de 1320 m<sup>2</sup>, de les quals aproximadament 400 m<sup>2</sup> corresponen a la zona de grups electrògens, 115 m<sup>2</sup> a les instal·lacions de mitjana tensió i uns 155 m<sup>2</sup> als dipòsits de gasoli. La resta d'espai són vials i accessos.

Segons la normativa vigent en matèria de prevenció i extinció d'incendis, la instal·lació pertany a la següent categoria industrial:

- **Establiments industrials a l'aire lliure del tipus D i E:** establiment industrial que ocupa un espai obert, que pot estar totalment cobert o amb algun costat sense tancament lateral i/o establiment industrial que ocupa un espai obert que pot estar parcialment cobert (fins a un 50% de la seva superfície).

Per tal de calcular el nivell de risc d'incendi intrínsec a la instal·lació haurem de definir uns sectors per tal de dividir en zones la nostra central.

Atenen la configuració de la central projectada, s'identifiquen les següents àrees i sectors d'incendi.

Edifici	Àrea
E1	400 m <sup>2</sup>
E2	155 m <sup>2</sup>
E3	115 m <sup>2</sup>



Fig. A.29. Zones productives i d'emmagatzematge de la central

A continuació calculem la densitat de càrrega del foc dels sectors d'incendi que hem previst. D'acord amb la normativa vigent, el mètode de càlcul es basa en les següents fórmules segons on es desenvolupi l'activitat:

- Activitats de producció, transformació, reparació, o qualsevol altre distinta d'emmagatzematge

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \quad (\text{Eq. A.29})$$

- Activitats d'emmagatzematge

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{vi} h_i S_i C_i}{A} R_a \quad (\text{Eq. A.30})$$

Segons les zones productives identificades de la instal·lació, la càrrega de foc total estimada per a aquestes és 1260 MJ/m<sup>2</sup> tal com es pot veure a la taula de la Fig. A.30:

Edifici	S <sub>i</sub>	A	q <sub>si</sub>	C <sub>i</sub>	R <sub>a</sub>	q <sub>si</sub> *S <sub>i</sub> *C <sub>i</sub> *R <sub>a</sub>	Q <sub>si</sub>	Q <sub>se</sub>
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	--	--	MJ	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
E1	400	400	300	1,6	1	192000	480	480
E3	115	115	600	1,3	1	89700	780	780
							<b>Q<sub>s</sub></b>	<b>1260</b>

Fig. A.30. Càlcul de les càrregues de foc en les zones productives de la instal·lació

Paral·lelament, la càrrega de foc per a les activitats d'emmagatzematge que es desenvolupen a la planta és de 56810 MJ/m<sup>2</sup> tal com es pot veure a la taula de la Fig. A.31:



Edifici	S <sub>i</sub>	A	q <sub>v<sub>i</sub></sub>	C <sub>i</sub>	h <sub>i</sub>	R <sub>a</sub>	q <sub>v<sub>i</sub></sub> *C <sub>i</sub> *h <sub>i</sub> *s <sub>i</sub>	Q <sub>si</sub>	Q <sub>se</sub>
	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	--	m	--	MJ	MJ/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
<b>E2</b>	155	155	43700	1,3	1	2	8805550	56810	56810
								<b>Q<sub>s</sub></b>	<b>56810</b>

Fig. A.31. Càlcul de les càrregues de foc en les zones d'emmagatzematge de la instal·lació

Finalment passarem a calcular el risc d'incendi intrínsec a la instal·lació industrial que al considerar-se una activitat desenvolupada en diferents edificis dins un mateix recinte es calcula amb l'Eq. A.31:

$$Q_E = \frac{\sum_i^i Q_{ei} A_{ei}}{\sum_i^i A_{ei}} \quad (\text{Eq. A.31})$$

Fent servir l'equació anterior tenim una càrrega de foc ponderada i corregida per al conjunt de la instal·lació de 13563 MJ/m<sup>2</sup> tal com es pot veure en la taula de la Fig. A.32:

Edifici	A	Q <sub>se</sub>	Q <sub>se</sub> *A	Q <sub>E</sub>
	m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	MJ	MJ/m <sup>2</sup>
<b>E1</b>	400	480	192000	
<b>E3</b>	115	780	89700	
<b>E2</b>	155	56810	8805550	
<b>Suma</b>	670		9087250	13563

Fig. A.32. Càlcul de les càrregues de foc ponderada i corregida de la instal·lació



Aquesta càrrega de foc ponderada i corregida de la instal·lació fa que estigui classificada en un nivell intrínsec alt (tipus 7), segons les disposicions del *Real Decreto 2267/2004*.

Risc intrínsec		Densitat de càrrega de foc ponderada i corregida	
		Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>
<b>ALT</b>	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$

---

Fig. A.33. Nivell de foc intrínsec de la instal·lació



## B. Annex B: Càlculs per al disseny de la xarxa de distribució projectada

Per a facilitar l'execució de l'obra, per a totes les línies d'MT es farà servir el mateix conductor. Cada línia a projectar tindrà la seva longitud corresponent:

a) Per a la primera etapa:

Nom	Origen	Destí	Longitud
L1	C.G.E.P.	CT-1	252,9 m
L2	C.G.E.P.	CT-1	256,8 m
L3	C.G.E.P.	CT-2	609,1 m
L4	C.G.E.P.	CT-3	696,5 m
L5	C.G.E.P.	CT-5	959,3 m
L6	C.G.E.P.	CT-4	1233,5 m
L7	CT-1	CT-6	237,5 m
L8	CT-6	CT-2	174,3 m
L9	CT-2	CT-5	227,9 m
L10	CT-5	CT-4	173,1 m
L11	CT-4	CT-3	143,8 m

Fig. B.1. Definició i longitud de línies de mitjana tensió per a la primera etapa

b) Per a la segona etapa:

En aquesta etapa la longitud les línies d'alimentació dels CT depenen d'on es faci la unió amb les línies ja existents (L5 i L6). Per tant fem la hipòtesi que aquesta unió de les línies es farà el més proper al CT corresponent i que no superaran els vint metres, així que agafarem aquest valor com a longitud màxima d'aquestes línies de connexió.

Nom	Origen	Destí	Longitud
L12	L6	CT-7	20 m
L13	L5	CT-8	20 m
L14	L6	CT-9	20 m
L15	L5	CT-10	20 m
L16	L5	CT-11	20 m

Fig. B.2. Definició i longitud de línies de mitjana tensió per a la segona etapa





El nombre de línies de mitjana tensió a projectar, en total, serà de setze.

Per a veure la ubicació i recorregut de cada línia de la xarxa de distribució vegeu l'annex F.

Les dades de partida seran les següents:

- La xarxa de distribució és d'una tensió nominal de 25 kV i una tensió màxima de 30 kV
- Es realitzarà una instal·lació soterrada amb diferents configuracions (una terna de cables directament soterrada en el terreny o soterrades en canalitzacions, dues ternes directament soterrades en el terreny, etc., vegeu l'annex F)
- Farem servir cables unipolars
- Escollirem cables aïllats amb polietilè reticulat (XLPE), Voltalene

La nostra instal·lació s'executarà amb les següents especificacions:

- Amb cable soterrat directament en terreny normal o en canalitzacions segons s'especifica a la memòria i tal com es pot veure a l'annex F
- És un sistema trifàsic amb neutre a terra
- La xarxa projectada entra dintre de la categoria C

REDES TRIFÁSICAS DE CORRIENTE ALTERNA CON TENSIÓN NOMINAL SUPERIOR A 1 kV Y SIN EXCEDER DE 30 kV (TERCERA CATEGORÍA)

Tensión nominal (U) kV	Tensión máxima (Um) kV
3	3,6
6	7,2
10	12
15	17,5
20	24
25	30
30	36

Fig. B.3. Valors de tensió nominal i màxima segons categoria de la xarxa [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]

Arran d'aquestes primeres dades obtenim que el cable a utilitzar és de tensió nominal  $U_0/U$  de 18/30 kV.



Red sistema trifásico			Cable a utilizar Tensión nominal del cable U <sub>0</sub> /U (kV)
Tensión nominal U (kV)	Tensión más elevada de la red U <sub>m</sub> (kV)	Categoría de la red	
3	3.6	A-B	1.8/3
		C	3.6/6
6	7.2	A-B	6/10
		C	8.7/15
10	12	A-B	12/20
		C	15/25
15	17.5	A-B	18/30
		C	26/45
20	24	A-B	
		C	
25	30	A-B	
		C	
30	36	A-B	
		C	

Fig. B.4. Valores de tensión nominal de cable a utilizar [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]

Per a determinar la secció de cable es precisa realitzar uns càlculs en base a tres consideracions:

4. Intensitat màxima i potència màxima admissibles pel cable en servei permanent
5. Intensitat màxima admissible en curtcircuit durant un temps determinat
6. Caiguda de tensió

## B.1 Criteri de la secció per intensitat màxima i potència màxima admissibles

S'han pres les consideracions següents:

- Temperatura del terreny, 30 °C
- Terreny de resistivitat tèrmica normal (1,5 K · m/W)
- Profunditat de la instal·lació de 100 cm

En la nostra xarxa de distribució soterrada tenim diverses configuracions i seccions constructives, per tant hem de considerar el cas més desfavorable. Aquest serà el de la secció G-G' (quatre ternes de cables instal·lats en canalitzacions i amb una separació de 0,2 m entre elles).



En aquesta configuració de la instal·lació tenim els següents factors de correcció per a aplicar a la intensitat màxima del conductor, vegeu les taules de les figures B.5 i B.6,:

- Per a terrenys amb temperatura diferent de 25 °C. En el nostre cas suposem una temperatura de 30 °C per tant tenim una correcció de 0,96
- Per a cables directament soterrats amb quatre ternes amb separació de 0,2 m entre elles el factor de correcció serà de 0,70

Temperatura de servicio, $\theta_s$ , en °C	Temperatura del terreno, $\theta_t$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105 (Eprotenax Compact)	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90 (Votallene)	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

Fig. B.5. Coeficient de correcció per a instal·lacions soterrades en terrenys a temperatura diferent a 25°C [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]

Factor de corrección										
Tipo de instalación	Separación de los ternos	Número de ternos en la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d = 0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	—
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	—	—	—
Cables bajo tubo	En contacto (d = 0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	—
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	—	—	—	—

Fig. B.6. Coeficient de correcció per a instal·lacions soterrades amb cables trifàsics o amb ternes de cables agrupats sota terra [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]



Per a calcular la potència màxima admissible hem de considerar:

- Potència aparent de cada centre de transformació,  $S = 630 \text{ kVA}$
- Tensió nominal màxima del cable,  $U = 25 \text{ kV}$
- $\cos \theta = 0,8$

Amb un conductor d'alumini amb secció  $240 \text{ mm}^2$  tenim en el nostre cas més desfavorable (quatre ternes de tres cables unipolar instal·lats en canalitzacions) una intensitat màxima de  $320 \text{ A}$  (vegeu la taula de la Fig. B.7) i aplicant els factors de correcció anteriors, segons l'Eq. B.1, obtenim una intensitat màxima admissible de:

$$I_{adm} = I_{max} \cdot K_c = 320 \cdot 0,66070 = 215,04 \text{ A} \quad (\text{Eq. B.1})$$

I amb aquesta intensitat la potència màxima admissible per al cable serà, segons l'Eq. B.2 de  $9327,1 \text{ kVA}$

$$P_{max} = \sqrt{3} \cdot I_{adm} \cdot U = \sqrt{3} \cdot 215,04 \cdot 25 = 9327,1 \text{ kVA} \quad (\text{Eq. B.2})$$

Aquesta veiem que és superior a la potència instal·lada a la xarxa de distribució projectada:

$$\triangleright 630 \text{ kVA} \cdot 11 = 6930 \text{ kVA} < 9327,1 \text{ kVA}$$

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Tensión nominal					
	90 °C					
	1,8/3 kV a 18/30 kV					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Conductores de Al						
16	92	80	78	74	76	70
25	120	110	100	94	95	90
35	145	130	120	110	115	105
50	170	155	140	130	135	125
70	210	195	170	160	165	155
95	255	235	205	190	200	180
120	295	270	235	215	225	205
150	335	305	260	245	255	230
185	385	345	295	280	285	260
240	455	405	345	320	330	305
300	520	465	390	365	375	345
400	610	-	445	415	-	-
500	715	-	505	480	-	-
630	830	-	575	545	-	-

Fig. B.7. Intensitat màxima admissible (A), en servei permanent, per a cables aïllats amb XLPE (Vortalene) sense armadura [Font: Prysmian, Cables & Sistemes]



## B.2 Criteri de la secció per caiguda de tensió

Per a calcular la caiguda de tensió en les diferents línies de distribució tindrem en compte les longituds corresponents a cadascuna, a més de la resistència i reactància d'aquestes (vegeu les taules de les figures B.8 i B.9):

- Longitud de línia en km: vegeu la taula de la Fig. B.1
- Intensitat en A,  $I \approx 215$  A
- Resistència de la línia en  $\Omega/\text{km}$ ,  $R = 0,168 \Omega/\text{km}$
- $\cos \theta = 0,8 \rightarrow \sin \theta = 0,6$
- Reactància de la línia en  $\Omega/\text{km}$ ,  $X = 0,114 \Omega/\text{km}$

Sección nominal $\text{mm}^2$	Resistencia máxima en c.a. y a 90°C en $\Omega/\text{km}$			
	Cables Unipolares		Cables Tripolares	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.310	-	2.346	-
16	1.455	2.392	1.479	2.431
25	0.918	1.513	0.936	1.542
35	0.663	1.093	0.675	1.112
50	0.490	0.800	0.499	0.822
70	0.339	0.558	0.345	0.568
95	0.245	0.430	0.249	0.410
120	0.195	0.321	0.197	0.324
150	0.159	0.277	0.161	0.265
185	0.127	0.209	0.129	0.212
240	0.098	0.168	0.099	0.163
300	0.078	0.128	-	-
400	0.062	0.105	-	-
500	0.051	0.084	-	-

Fig. B.8. Valors de resistència a la freqüència de 50 Hz [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]



Sección nominal mm <sup>2</sup>	Reactancia X en Ω/km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.136	0.141	-	-	-	-	-
16	0.126	0.130	0.143	-	-	-	-
25	0.117	0.121	0.134	0.141	-	-	-
35	0.111	0.115	0.128	0.135	0.146	-	-
50	0.106	0.109	0.122	0.128	0.138	0.144	0.149
70	0.100	0.103	0.115	0.120	0.130	0.136	0.141
95	0.095	0.098	0.110	0.115	0.125	0.129	0.132
120	0.092	0.095	0.106	0.111	0.120	0.123	0.127
150	0.090	0.092	0.102	0.108	0.117	0.120	0.123
185	0.088	0.091	0.100	0.104	0.112	0.118	0.120
240	0.085	0.088	0.097	0.101	0.119	0.116	0.114
300	0.083	0.087	0.093	0.097	0.104	0.108	0.111
400	0.081	0.085	0.091	0.095	0.101	0.104	0.106
500	0.080	0.084	0.089	0.092	0.098	0.100	0.102

Fig. B.9. Valors de reactància a la freqüència de 50 Hz [Font: Prysmian, Cables & Sistemes]

La caiguda de tensió ( $\Delta U$ ) es calcularà amb l'equació Eq. B.3:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (\text{Eq. B.3})$$

I substituint valors obtenim, per a cada línia:

a) Per a la primera etapa:

Nom	Longitud [m]	$\Delta U$ [V]	$\Delta U/U$ [%]
L1	252,9	19,09	0,0763
L2	256,8	19,39	0,0775
L3	609,1	45,99	0,183
L4	696,5	52,60	0,210
L5	959,3	72,44	0,289
L6	1233,5	93,15	0,372
L7	237,5	17,93	0,0717
L8	174,3	13,16	0,0526
L9	227,9	17,21	0,0688
L10	173,1	13,07	0,0522
L11	143,8	10,85	0,0434

Fig. B.10. Caiguda de tensió de línies de mitjana tensió per a la segona etapa



b) Per a la segona etapa:

Nom	Longitud [m]	$\Delta U$ [V]	$\Delta U/U$ [%]
L12	20	1,51	0,00604
L13	20	1,51	0,00604
L14	20	1,51	0,00604
L15	20	1,51	0,00604
L16	20	1,51	0,00604

Fig. B.11. Caiguda de tensió de línies de mitjana tensió per a la segona etapa

Com veiem la  $\Delta U$  més desfavorable és la corresponent a la línia L6 que és de 93,15 V i com que aquesta és menor que el 5% de la tensió nominal màxima del cable (amb 25 kV,  $\Delta U/U = 0,372$  %), podem dir que es compleix aquest criteri per a totes les línies.

### B.3 Criteri de la secció per intensitat de curtcircuit

Per a aplicar aquest criteri hem de tenir en compte les següents dades:

- Potència de curtcircuit,  $S_{cc} = 400$  MVA
- Temps de resposta de les proteccions,  $t_{cc} = 0,5$  s

Abans de tot hem de calcular la intensitat de curtcircuit màxima a suportar per la línia a partir de la potència de curtcircuit.

$$S_{cc} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{cc} \rightarrow I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{400000}{\sqrt{3} \cdot 25} = 9,23 \text{ kA} \quad (\text{Eq. B.4})$$

A continuació, segons la taula de la Fig. B.12 en que tenim els valors màxims de densitat de corrent en funció de la durada del curtcircuit per a conductors d'alumini, i sabent que el nostre cable serà d'aïllament XLPE, obtenim que per a la secció de 240 mm<sup>2</sup> una  $I_{cc}$  de 22,56 kA. Aquesta és major a 9,23 kA.



1 x sección conductor (Al)/sección pantalla (Cu) (mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima admisible bajo tubo y enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible directamente enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible al aire** (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor durante 1 s (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla durante 1 s*** (A)
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 (pant, 16 mm <sup>2</sup> )
1x95/16 (1)	190	205	255	8930	3130
1x150/16 (2)	245	260	335	14100	3130
1x240/16 (2)	320	345	455	22560	3130
1x400/16 (2)	415	445	610	37600	3130

Fig. B.12. Valors d'intensitat de curtcircuit [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]

Per tant podem concloure que complirà amb aquest criteri.

Per a finalitzar indicarem que el cable escollit per a tota la xarxa de distribució és un cable AL RHZ1-OL de 18/30 kV amb aïllament XLPE i secció de 240 mm<sup>2</sup>.





## C. Annex C: Càlculs per al disseny dels centres de transformació

### C.1. Necessitats energètiques previstes a la zona

Les previsions de demanda energètica de les parcel·les on s'ha previst la industrialització o de les parcel·les que actualment funcionen amb grups generadors propis i que passaran a estar alimentades per la central de generació elèctrica provisional ja han estat calculades en l'annex A, apartat A.1. A continuació posem la taula de la Fig. C.1 amb els resultats finals com a introducció per a fer els càlculs i disseny dels centres de transformació:

Nom	Ubicació	Potència total
CT 1	Parcel·la 12	315 kW
CT 2	Parcel·la 18	307,5 kW
CT 3	Parcel·la 21	307,5 kW
CT 4	Parcel·la 21	172,5 kW
CT 5	Parcel·la 21b	325 kW
CT 6	Parcel·la 19	322,5 kW
CT 7	Parcel·la 22	232,5 kW
CT 8	Parcel·la 22	277,5 kW
CT 9	Parcel·la 22b	257,5 kW
CT 10	Parcel·la 22b	322,5 kW
CT 11	Parcel·la 20	200 kW

Fig. C.1. Demanda de subministrament elèctric



A continuació, per a calcular la potència del transformador es tindran en compte les següents dades:

- Factor de potència:  $\cos \varphi = 0,8$
- Amb la finalitat de reduir les pèrdues de càrrega al transformador i aconseguir un marge de reserva davant de possibles augments de càrrega més o menys llargs, intentarem que el transformador no treballi a un regim de càrrega superior al 75% de la potència nominal.

Agafant el cas de màxima demanda elèctrica (parcel·la 21b amb 325 kW) i substituint els valors a l'Eq. C.1, s'obté la potència nominal del transformador a escollir:

$$S'_n = \frac{P}{\cos \varphi \cdot 0,75} = \frac{325}{0,8 \cdot 0,75} = 541,67 \text{ kVA} \quad (\text{Eq. C.1})$$

S'escull el transformador comercial que tingui una potència propera a la calculada en l'Eq. C.1., per tant el transformador escollit tindrà la potencia aparent nominal de:

$$S_n = 630 \text{ kVA}$$

Per a facilitar el subministrament s'escolliran els onze transformadors iguals, sis per a la primera etapa i cinc per a la segona etapa.

## C.2. Càlcul dels corrents

### C.2.1. Dades de partida

- Potència aparent nominal del transformador:  $S_n = 630 \text{ kVA}$
- Tensió de línia primària nominal,  $U_{n1} = 25 \text{ kV}$
- Tensió de línia secundària nominal,  $U_{n2} = 400 \text{ V}$
- Potència de curtcircuit en el punt d'entroncament amb la xarxa d'MT (dada de la companyia elèctrica),  $S_{cc1} = 400 \text{ MVA}$
- Pèrdues en càrrega,  $P_c = 6500 \text{ W}$



- Pèrdues en buit,  $P_b = 1300 \text{ W}$
- Tensió de curtcircuit del transformador,  $u_{cc} = 4,5\%$

Características eléctricas			36 kV: B <sub>036</sub> B <sub>K36</sub>									
Potencia asignada [kVA]			250	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500(*)
Tensión asignada (Ur)	Primaria [kV]											
	Secundaria en vacío [V]											
Grupo de Conexión												
Pérdidas en Vacío - Po [W]	Lista B <sub>036</sub>		650	930	1100	1300	1500	1700	2100	2600	3150	3800
Pérdidas en Carga - Pk [W]	Lista B <sub>K36</sub>		3500	4900	5600	6500	8400	10500	13500	17000	21000	26500
Impedancia de Cortocircuito (%) a 75°C			4.5	4.5	4.5	4.5	6	6	6	6	6	6
Nivel de Potencia Acústica LwA [dB]	Lista B <sub>036</sub>		62	65	66	67	68	68	70	71	73	76
Caída de tensión a plena carga (%)	cos f = 1		1.49	1.32	1.21	1.13	1.22	1.22	1.25	1.24	1.22	1.23
	cos f = 0.8		3.72	3.62	3.55	3.50	4.47	4.47	4.49	4.48	4.47	4.47
	CARGA 100%		98.37	98.56	98.68	98.78	98.78	98.79	98.77	98.79	98.81	98.80
Rendimiento (%)	cos f = 0.8		97.97	98.21	98.35	98.48	98.48	98.50	98.46	98.49	98.51	98.51
	CARGA 75%		98.62	98.79	98.88	98.96	98.97	99.00	98.98	99.00	99.01	99.01
	cos f = 0.8		98.28	98.49	98.60	98.71	98.72	98.75	98.72	98.75	98.77	98.77

Fig. C.2. Característiques elèctriques del transformador escollit per al CT

## C.2.2. Intensitats en mitjana tensió

La intensitat primària nominal s'obté de l'Eq . C.2 i substituint valors ens dona una intensitat al primari de 14,54 A:

$$I_{n1} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} \quad (\text{Eq. C.2})$$

La intensitat primària de curtcircuit permanent s'obté de l'Eq . C.3 i substituint valors ens dona una intensitat de curtcircuit de 9,238 kA:

$$I_{cc1} = \frac{S_{cc1}}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} \quad (\text{Eq. C.3})$$

Es comprova que la intensitat de curtcircuit permanent primària és inferior a la intensitat nominal admissible de curta durada (1s) de les cel·les d'MT, que té el valor de 16 kA.

$$9,23 \text{ kA} < 16 \text{ kA}$$



### C.2.3. Intensitats de baixa tensió

La intensitat secundària nominal s'obté de l'Eq. C.4 i substituint valors ens dona una intensitat al secundari de 909,32 A:

$$I_{n2} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} \quad (\text{Eq. C.4})$$

Per a calcular la intensitat de curtcircuit permanent, es considerarà el cas més desfavorable, mantenint-se constant la tensió de línia en el primari en cas de curtcircuit, per tant la intensitat de curtcircuit estarà limitada exclusivament per la impedància del transformador. A partir de l'Eq. C.5 i substituint valors ens dona una intensitat al secundari de 20,20 kA:

$$I_{cc2} = \frac{I_{n2}}{u_{cc}} \quad (\text{Eq. C.5})$$

## C.3. Càlculs de la instal·lació de la presa de terra

### C.3.1. Dades de partida

Per al disseny i càlcul del sistema de presa de terra són necessaris els següents valors:

- Tensió de línia de servei d'MT del centre de transformació,  $U = 25 \text{ kV}$
- Freqüència de la xarxa,  $f = 50 \text{ Hz}$
- Relé a temps independent,  $t'' = 0,5 \text{ s}$
- Tipus de relé:
  - Corrent d'arrencada del relé,  $I'_a = 50 \text{ A}$
  - Constant del relé,  $K' = 1,35$ ,  $n' = 1$
- Reenganxament en menys de  $0,5 \text{ s}$
- Presa de terra del neutre,  $R_n = 0 \text{ } \Omega$ ,  $X_n = 25 \text{ } \Omega$
- Resistivitat del terreny,  $\rho = 90 \text{ } \Omega\text{m}$



- Nivell d'aïllament en BT ,  $U_{BT} = 4000 \text{ V}$

### C.3.2. Condicions que ha de complir l'elèctrode escollit

Seguretat de les persones:

- Tensió de pas calculada,  $(U'_p) \leq$  Tensió de pas màxima admissible ( $U_p$ )
- Tensió de pas calculada en l'accés al CT ( $U'_{a(acc)}$ )  $\leq$  Tensió de pas màxima admissible ( $U_{p(acc)}$ )
- Tensió de contacte calculada ( $U'_c$ )  $\leq$  Tensió de contacte màxima admissible ( $U_c$ )

Protecció material:

- Tensió de defecte,  $(U'_d) \leq$  Nivell d'aïllament en BT ( $U_{BT}$ )

Limitació de corrent de defecte:

- Intensitat de defecte,  $(I'_d) >$  Intensitat d'arrencada del relé, ( $I_a$ )

### C.3.3. Tensions màximes admissibles en la instal·lació

Aquestes tensions es determinen segons la MIE-RAT 13, amb les expressions següents:

Tensió de pas màxima admissible a l'exterior de la instal·lació:

$$U_p = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{6 \cdot \rho_s}{1000} \right) \quad (\text{Eq. C.6})$$

Tensió de contacte màxima admissible a l'exterior de la instal·lació :

$$U_c = \frac{K}{t^n} \left( 1 + \frac{1,5 \cdot \rho_s}{1000} \right) \quad (\text{Eq. C.7})$$

En l'accés al CT és molt probable que la resistivitat superficial del terreny sigui diferent per a cada peu, ja que els paviments interiors i exteriors poden ser diferents. Per aquest motiu, convé calcular la tensió de pas màxima en l'accés al CT, segons l'equació:

$$U_{p(acc)} = \frac{10K}{t^n} \left( 1 + \frac{3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho'_s}{1000} \right) \quad (\text{Eq. C.8})$$



Per a calcular aquestes tensions es faran servir els valors de:

- $K, n$ : constants que depenen del temps total màxim d'eliminació del defecte ( $t$ ). Els valors s'obtidran de la MIE-RAT 13 apartat 1.1:
  - Per a  $t < 0,9$  s :  $k = 72$  i  $n = 1$
- $\rho'_s$  : resistivitat del terreny a l'interior del CT,  $\rho'_s = 3000 \Omega m$
- La durada total de desconexió serà  $t = t' + t''$ ; on  $t''$  son 0,5 s i  $t'$  la de desconexió inicial amb relé a temps depenent,
- Desconnexió inicial amb relé a temps depenent:

$$t' = \frac{K'}{(I'_d/I'_a)^{n'} - 1} \quad (\text{Eq. C.9})$$

Per a calcular la intensitat de defecte i el temps màxim corresponent a l'eliminació del defecte hem de decidir la configuració preliminar dels elèctrodes. La disposició escollida (independentment del nombre de piques) serà tal que la seva resistència unitària, ( $K_r$ ) compleixi:

$$K_r \leq \frac{R_t}{\rho} \quad (\text{Eq. C.10})$$

I per a calcular la  $R_t$  hem de resoldre el següent sistema d'equacions:

$$I_d \cdot R_t \leq U_{bt}$$

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} \quad (\text{Eq. C.11})$$

Del sistema d'equacions Eq. C.11, obtenim una intensitat de defecte de 554,74 A i una resistència de 7,21  $\Omega$ .

Substituint valora a l' Eq. C.10 obtenim que la  $K_r$  ha de ser menor o igual que 0,0801  $\Omega m$ .



També, s'han de tenir en compte les dimensions del edifici del centre de transformació:

- Llargària total = 4,28 m
- Amplada total = 2,2 m

Per tant la configuració preliminar dels elèctrodes que estudiarem serà:

- Dimensions horitzontals dels elèctrodes seran de 5 m x 3,5 m
- Fondària de 0,50 m
- Secció del conductor de coure de 50 mm<sup>2</sup>
- Diàmetre de les piques de 14 mm<sup>2</sup>
- Longitud de les piques de 2 m
- El nombre de piques serà 8

Amb aquesta configuració obtenim els paràmetres característics següents (vegeu la taula de la Fig. C.3):

- $K_r = 0,079 \Omega/\text{m}$  (resistència)
- $K_p = 0,0174 \text{ V}/\Omega/\text{m}/\text{A}$  (tensió de pas)
- $K_c = K_{p(\text{acc})} = 0,0357 \text{ V}/\Omega/\text{m}/\text{A}$  (tensió de contacte exterior)

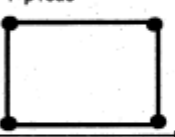
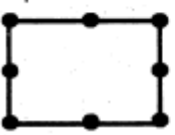
CONFIGURACION	$L_p$ (m)	RESISTENCIA $K_r$	TENSION DE PASO $K_p$	TENSION DE CONTACTO EXT $K_c = K_{p(\text{acc})}$	CODIGO DE LA CONFIGURACION
Sin picas	-	0.117	0.0238	0.0710	50-35/5/00
4 picas 	2	0.089	0.0201	0.0440	50-35/5/42
	4	0.073	0.0158	0.0318	50-35/5/44
	6	0.062	0.0130	0.0246	50-35/5/46
	8	0.054	0.0110	0.0199	50-35/5/48
8 picas 	2	0.079	0.0174	0.0357	50-35/5/82
	4	0.062	0.0127	0.0229	50-35/5/84
	6	0.051	0.0100	0.0165	50-35/5/86
	8	0.044	0.0081	0.0127	50-35/5/88

Fig. C.3. Paràmetres característics dels elèctrodes de presa de terra en rectangle de 5 m x 3,5 m i profunditat de 0,5 m



Per tant, per a aquesta configuració d'elèctrodes, la resistència de presa de terra i la intensitat de defecte en la instal·lació seran:

$$3) R'_t = K_r \cdot \rho = 7,11 \, \Omega$$

$$4) I'_d = \frac{U}{\sqrt{3} \sqrt{(R_n + R_t)^2 + X_n^2}} = 555,34 \, \text{A}$$

A continuació per a calcular el temps de desconexió substituïrem valors a l'Eq. C.9, obtindrem una  $t'$  de 0,133 s i per tant el temps de desconexió serà de 0,633 s.

Els valors de les tensions admissibles per a aquesta configuració d'elèctrodes seran:

- La tensió de pas màxima admissible a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq C.6) serà de 1751,65 V
- La tensió de contacte màxima admissible a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq C.7) serà de 129,09 V
- La tensió de pas màxima en l'accés al CT (substituint valors a l'Eq C.8) serà de 11681,51 V

### C.3.4. Càlcul de les tensions màximes en el centre de transformació

La tensió de pas màxima a l'exterior ve donada per l'Eq C.12 :

$$U'_p = K_p \cdot \rho \cdot I'_d \quad (\text{Eq. C.12})$$

La tensió de contacte màxima a l'exterior ve donada per l'Eq C.13 :

$$U'_c = K_c \cdot \rho \cdot I'_d \quad (\text{Eq. C.13})$$

La tensió de pas màxima en l'accés serà:

$$U'_{p(acc)} = K_{p(acc)} \cdot \rho \cdot I'_d \quad (\text{Eq. C.14})$$





Els valors de les tensions són:

- La tensió de pas a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq C.12) serà de 869,64 V
- La tensió de contacte a l'exterior de la instal·lació (substituint valors a l'Eq.C.13) serà de 1784,27 V
- La tensió de pas en l'accés al CT (substituint valors a l'Eq C.14) serà de 1784,27 V

La tensió de defecte ve donada per l'Eq C.15 i substituint valors obtenim una tensió de defecte de 3948,39 V:

$$U'_d = R'_t \cdot I'_d \quad (\text{Eq. C.15})$$

Per a finalitzar, comprovem que es compleixin les condicions indicades al apartat C.3.2:

**Seguretat de les persones:**

- $U'_p = 869,64 \text{ V} \leq U_p = 1751,65 \text{ V}$
- $U'_{p(\text{acc})} = 1784,27 \text{ V} \leq U_{p(\text{acc})} = 11681,51 \text{ V}$
- $U'_c = 1784,27 \text{ V} \geq U_c = 129,09 \text{ V}$

**Protecció material:**

- $U'_d = 3948,39 \text{ V} \leq U_{BT} = 4000 \text{ V}$

**Limitació de corrent de defecte:**

- $I'_d = 555,34 \text{ A} > I_a = 50 \text{ A}$

Veiem, per tant, que es compleixen totes les condicions per a aquest tipus de configuració d'elèctrodes excepte la condició de tensió de contacte.

Per tant haurem de instal·lar mesures de seguretat addicionals per a evitar tensions de contacte tant a l'interior del CT com a l'exterior. Aquestes estan indicades a la memòria del projecte.



### C.3.5. Càlcul de la distància entre els sistemes de presa de terra

La distància que ha d'haver-hi, com a mínim, entre els elèctrodes més pròxims dels dos sistemes de presa de terra té com a objectiu aconseguir que la tensió transferida entre els dos quedi limitada a un valor petit.

Per a obtenir la expressió d'aquesta distància, D, es segueix el següent raonament:

4. La tensió induïda en el terreny per una semiesfera a una distància D ve donada per l'equació:

$$U_i = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot D} \quad (\text{Eq. C.16})$$

5. Agafem D com la distància mínima entre els elèctrodes de protecció i servei, i imposem la condició de  $U_i < 1000 \text{ V}$
6. En el nostre cas, substituint valors a l'Eq C.16 s'obté la distància buscada:

$$D \geq 7,95 \text{ m}$$

### C.3.6. Càlcul de la resistència del neutre

La xarxa de terres es realitzarà amb conductor de coure de  $50 \text{ mm}^2$  i piques d'acer de dos metres amb un nombre suficient perquè es garanteixi una resistència inferior a  $37 \Omega$  segons recomanen les normes UNESA.

La configuració escollida serà de quatre piques en filera separades tres metres entre elles amb una longitud de dos metres i amb un diàmetre de catorze mil·límetres.

La secció del conductor serà de cinquanta mil·límetres quadrats de coure considerant una resistivitat del terreny de  $90 \Omega\text{m}$ .



NUMERO DE PICAS	RESISTENCIA $K_r$	TENSION DE PASO $K_p$	CODIGO DE LA CONFIGURACION
2	0,201	0,0392	5/22
3	0,135	0,0252	5/32
4	0,104	0,0184	5/42
6	0,073	0,0120	5/62
8	0,0572	0,00345	5/82

Fig. C.4. Paràmetres característics dels elèctrodes de presa de terra en filera amb quatre piques de dos metres separades tres metres i a una profunditat de 0,5 m

Per tant, per a aquesta configuració d'elèctrodes, la resistència de presa de terra del neutre serà:

$$R_{tn} = K_r \cdot \rho = 9,36 \, \Omega$$

Com veiem la resistència de presa de terra del neutre és menor de 37  $\Omega$ .

#### C.4. Càlcul del pont del cable d'interconnexió entre la cel·la de protecció i el transformador

El pont del cable d'interconnexió entre la cel·la de protecció del transformador i el mateix transformador es calcularà de la següent manera:

Les dades de partida seran les següents:

- El nostre projecte és d'una tensió nominal de 25 kV i una tensió màxima de 30 kV
- Es realitzarà una instal·lació soterrada
- Farem servir cables unipolars



- Escollirem cables aïllats amb polietilè reticulat (XLPE), Voltalene

La nostra instal·lació s'executarà amb les següents especificacions:

- Amb cable soterrat directament en terreny normal
- És un sistema trifàsic amb neutre a terra
- La xarxa projectada entra dintre de la categoria C.

Per a determinar la secció de cable es precisa realitzar uns càlculs en base a tres consideracions:

7. Intensitat màxima admissible pel cable en servei permanent
8. Intensitat màxima admissible en curtcircuit durant un temps determinat
9. Caiguda de tensió

#### **C.4.1. Criteri de la secció per intensitat màxima admissible**

S'han pres les consideracions següents:

- Temperatura del terreny, 30 °C
- Una terna de cables unipolars agrupats en contacte mutu
- Terreny de resistivitat tèrmica normal (1,5 K·m/W)
- Profunditat de la instal·lació de 100 cm

En les instal·lacions soterrades projectades tenim els següents factors de correcció per aplicar a la intensitat màxima del conductor, vegeu les taules de les figures C.5 i C.6:

- Per a terrenys amb temperatura diferent 25 °C, el nostre cas suposem una temperatura de 30 °C per tant tenim una correcció de 0,96
- Per a cables directament soterrats amb tres ternes amb separació entre elles de 0,2 m el factor de correcció serà de 0,73



Temperatura de servicio, $\theta_a$ , en °C	Temperatura del terreno, $\theta_b$ , en °C								
	10	15	20	25	30	35	40	45	50
105 (Eprofenax Compact)	1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83
90 (vitaliaene)	1,11	1,07	1,04	1,00	0,96	0,92	0,88	0,83	0,78

Fig. C.5. Coeficient de correcció per a instal·lacions soterrades en terrenys a temperatura diferent a 25°C [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]

COEFICIENTES DE CORRECCIÓN										
Tipo de instalación	Separación de los ternos	Factor de corrección								
		Número de ternos en la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cables directamente enterrados	En contacto (d = 0 cm)	0,76	0,65	0,58	0,53	0,50	0,47	0,45	0,43	0,42
	d = 0,2 m	0,82	0,73	0,68	0,64	0,61	0,59	0,57	0,56	0,55
	d = 0,4 m	0,86	0,78	0,75	0,72	0,70	0,68	0,67	0,66	0,65
	d = 0,6 m	0,88	0,82	0,79	0,77	0,76	0,74	0,74	0,73	—
	d = 0,8 m	0,90	0,85	0,83	0,81	0,80	0,79	—	—	—
Cables bajo tubo	En contacto (d = 0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	—
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	—	—	—	—

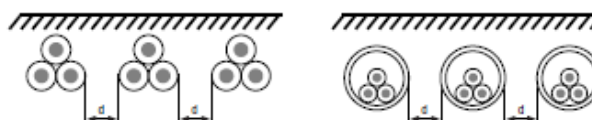


Fig. C.6. Coeficient de correcció per a instal·lacions soterrades amb cables trifàsics o amb ternes de cables agrupats sota terra [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]

Per a calcular la Intensitat de corrent en la sortida del transformador tenim les següents dades:

- Potència aparent,  $S = 630$  kVA
- Tensió nominal màxima del cable,  $U = 25$  kV



Amb aquestes dades i els factors de correcció obtindrem una intensitat màxima admissible de 20,7 A:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \rightarrow I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 25 \cdot 0.96 \cdot 0.73} = 20,7 \text{ A} \quad (\text{Eq. C.17})$$

Agafarem un conductor d'alumini amb secció 240 mm<sup>2</sup> per tal que tot el subministrament de cable sigui de la mateixa secció i com hem vist a l'annex B, la secció del cable de mitjana tensió escollit per a la xarxa de distribució serà del 240 mm<sup>2</sup>. Com vegeu a la taula de la Fig. C.7 es compleix que la intensitat calculada que és de 20,7 A, és menor que la màxima admissible que ens marca aquesta taula que és de 345 A.

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Tensión nominal					
	90 °C 1,8/3 kV a 18/30 kV					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Conductores de Al						
16	92	80	78	74	76	70
25	120	110	100	94	95	90
35	145	130	120	110	115	105
50	170	155	140	130	135	125
70	210	195	170	160	165	155
95	255	235	205	190	200	180
120	295	270	235	215	225	205
150	335	305	260	245	255	230
185	385	345	295	280	285	260
240	455	405	345	320	330	305
300	520	465	390	365	375	345
400	610	-	445	415	-	-
500	715	-	505	480	-	-
630	830	-	575	545	-	-

Fig. C.7. Intensitat màxima admissible (A), en servei permanent, per a cables aïllats amb XLPE (Votalene) sense armadura [Font: Prysmian, Cables & Sistemes]



#### C.4.2. Criteri de la secció per caiguda de tensió

La caiguda de tensió en aquest pont de cable de mitjana tensió tindrà molt poca rellevància ja que té poca longitud. Aquest criteri és important principalment en línies de gran llargària.

De totes maneres, donarem les dades necessàries per a fer el càlcul corresponent (vegeu les taules de les figures C.8 i C.9):

- Longitud de línia en km,  $L = 0,006$  km (igual per a tots els CT)
- Intensitat en A,  $I \approx 20,7$  A
- Resistència de la línia en  $\Omega/\text{km}$ ,  $R = 0,168$   $\Omega/\text{km}$
- $\cos \theta = 0,8 \rightarrow \sin \theta = 0,6$
- Reactància de la línia en  $\Omega/\text{km}$ ,  $X = 0,114$   $\Omega/\text{km}$

Sección nominal $\text{mm}^2$	Resistencia máxima en c.a. y a 90°C en $\Omega/\text{km}$			
	Cables Unipolares		Cables Tripolares	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.310	-	2.346	-
16	1.455	2.392	1.479	2.431
25	0.918	1.513	0.936	1.542
35	0.663	1.093	0.675	1.112
50	0.490	0.800	0.499	0.822
70	0.339	0.558	0.345	0.568
95	0.245	0.430	0.249	0.410
120	0.195	0.321	0.197	0.324
150	0.159	0.277	0.161	0.265
185	0.127	0.209	0.129	0.212
240	0.098	0.168	0.099	0.163
300	0.078	0.128	-	-
400	0.062	0.105	-	-
500	0.051	0.084	-	-

Fig. C.8. Valors de resistència a la freqüència de 50 Hz [Font: Prysmian, Cables & Sistemas]



Sección nominal mm <sup>2</sup>	Reactancia X en Ω/km por fase Tensión nominal del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV
Tres cables unipolares en contacto mutuo							
10	0.136	0.141	-	-	-	-	-
16	0.126	0.130	0.143	-	-	-	-
25	0.117	0.121	0.134	0.141	-	-	-
35	0.111	0.115	0.128	0.135	0.146	-	-
50	0.106	0.109	0.122	0.128	0.138	0.144	0.149
70	0.100	0.103	0.115	0.120	0.130	0.136	0.141
95	0.095	0.098	0.110	0.115	0.125	0.129	0.132
120	0.092	0.095	0.106	0.111	0.120	0.123	0.127
150	0.090	0.092	0.102	0.108	0.117	0.120	0.123
185	0.088	0.091	0.100	0.104	0.112	0.118	0.120
240	0.085	0.088	0.097	0.101	0.119	0.116	0.114
300	0.083	0.087	0.093	0.097	0.104	0.108	0.111
400	0.081	0.085	0.091	0.095	0.101	0.104	0.106
500	0.080	0.084	0.089	0.092	0.098	0.100	0.102

Fig. C.9. Valors de reactància a la freqüència de 50 Hz [Font: Prysmian, Cables & Sistemes]

La caiguda de tensió ( $\Delta U$ ) es calcularà amb l'Eq. C.18.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R \cos \theta + X \sin \theta) \quad (\text{Eq. C.18})$$

I substituint valors obtenim una  $\Delta U$  de 0,043 V i com que aquesta és menor que el 5% de la tensió nominal màxima del cable (amb 25 kV,  $\Delta U/U = 0,000174\%$ ), podem dir que es compleix aquest criteri.

#### C.4.3. Criteri de la secció per intensitat de curtcircuit

Per a aplicar aquest criteri hem de tenir en compte les següents dades:

- Potència de curtcircuit,  $S_{cc} = 400 \text{ MVA}$
- Temps de resposta de les proteccions,  $t_{cc} = 0,5 \text{ s}$

Abans de tot hem de calcular la intensitat de curtcircuit màxima a suportar per la línia a partir de la potència de curtcircuit.

$$S_{cc} = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{cc} \rightarrow I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{400000}{\sqrt{3} \cdot 25} = 9,23 \text{ kA} \quad (\text{Eq. C.19})$$





A continuació, segons la taula de la Fig. C.10 en que tenim els valors màxims de densitat de corrent en A/mm<sup>2</sup> en funció de la durada del curtcircuit per a conductors d'alumini, i sabent que el nostre cable serà d'aïllament XLPE, obtenim que per a la secció de 240 mm<sup>2</sup> una I<sub>cc</sub> de 22,56 kA. Aquesta és major a 9,23 kA

1 x secció conductor (Al)/secció pantalla (Cu) (mm <sup>2</sup> )	Intensidad máxima admisible bajo tubo y enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible directamente enterrado* (A)	Intensidad máxima admisible al aire** (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en el conductor durante 1 s (A)	Intensidad máxima de cortocircuito en la pantalla durante 1 s*** (A)
	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 kV	12/20 kV y 18/30 (pant, 16 mm <sup>2</sup> )
1x95/16 (1)	190	205	255	8930	3130
1x150/16 (2)	245	260	335	14100	3130
1x240/16 (2)	320	345	455	22560	3130
1x400/16 (2)	415	445	610	37600	3130

Fig. C.10. Valors d'intensitat de curtcircuit [Font: *Prysmian, Cables & Sistemas*]

Per tant podem concloure que complirà amb aquest criteri.

Per a finalitzar indicarem que el cable escollit és un cable AL RHZ1-OL de 18/30 kV amb aïllament XLPE i secció de 240 mm<sup>2</sup>.



## D. Annex D: Pressupost

### D.1 Antecedents i objecte

El present annex té com a finalitat la valoració econòmica dels equips, instal·lacions i consumibles de la central de generació elèctrica provisional així com de la xarxa de distribució projectada.

Per a la realització d'aquesta valoració s'han pres els preus generals de mercat i farem una comparació entre dos modalitats de subministrament d'equips principals de la C.G.E.P., una lloguer dels equips i l'altre de compra.

Per a la valoració econòmica de la xarxa de distribució i els centres de transformació, al ser una instal·lació definitiva, no s'ha contemplat el lloguer.

Els càlculs de les necessitats d'energia elèctrica a subministrar les tenim en l'annex A. Com a recordatori les podem veure a la taula de la Fig. D.1:

Any	Potència demandada	Potència corregida
2016	2,19 MVA	2,33 MVA
2017	1,61 MVA	1,71 MVA

Fig. D.1. Valors de potència demandada i corregida totals per any

Sent la potència total demandada al segon any de 4,04 MVA.

En els següents apartats es relacionen i desenvolupen econòmicament les principals dades que influiran en el muntatge i explotació de la instal·lació.



## D.2 Estudi comparatiu per a la C.G.E.P.

### D.2.1 Costos fixos

#### D.2.1.1 Consum de combustible

Els paràmetres que influeixen en el cost final del combustible de la instal·lació són:

- Energia elèctrica generada
- Consum específic dels motors
- Preu del gasoli

Aquests valors no depenen del regim en que es contracti la instal·lació, compra o lloguer d'equips. Per aquest motiu no influirà en la decisió d'escollir una modalitat o una altra.

Es farà la hipòtesis que el preu del combustible es manté constant al llarg dels dos anys.

La previsió econòmica de consum de combustible per als dos anys serà (agafant la situació de consums més desfavorables, tal com hem vist a l'annex A):

Any	Consum de combustible	Preu del combustible	Cost anual
2016	67,69 kl	0,85 €/l	57 537 €
2017	130,04 kl	0,85 €/l	110 534 €

Fig. D.2. Costos de consum de combustible totals per any

#### D.2.1.2 Instal·lacions fixes

En qualsevol dels dos escenaris previstos, existirà la necessitat d'instal·lacions fixes, que no estaran dintre de l'estudi comparatiu de les dues modalitats, de lloguer o de compra.

- a) En cas de lloguer:



En aquest cas es farà la hipòtesis més desfavorables, que els equips instal·lats tenen un valor residual de zero,

Instal·lacions fixes fora de l'abast del lloguer	Cost anual
Moviment de terres, anivellació i cimentació per a equips	28 600 €
Interconnexions interiors, canalitzacions, etc.	93 400 €
Tancament perimetral de central i accessos	9 200 €
Xarxa de preses de terra	16 600 €
Adequació dels finals de les sis línies de mitjana tensió que surten de la central	16 200 €
Instal·lacions generals (contraïncendis, etc.)	27 500 €
Construcció de l'edifici del centre de distribució	198 000 €
<b>TOTAL</b>	<b>211 300 €</b>

Fig. D.3. Costos totals per any de les instal·lacions fixes fora de l'abast del lloguer

b) En cas de compra

En aquest cas es contempla que pren més rellevància la seguretat i qualitat de les instal·lacions a mesura que l'horitzó temporal d'us s'allargui en el temps. Per aquest motiu per a les instal·lacions fixes s'estima un augment del 25 % del cost més que en l'opció de lloguer. Per tant a efectes orientatius podem considerar que en aquest cas, el cost aproximat serà de **264 125 €**.



### D.2.2 Costos en l'opció de compra

En aquest cas valorarem els costos dels equipaments, del seu manteniment i la seva explotació. Tindrem en compte:

- Compra de quatre motogeneradors de 1600 kVA
- Compra de tres dipòsits de combustible de 100 kl
- Compra d'un transformador de 6,3 MVA
- Compra de dos transformadors de S.A. per al centre de distribució
- Compra de les cel·les de distribució de mitjana tensió

Hem de tenir en compte també que els motogeneradors tenen un període d'entrega superior a dotze mesos, per tant hem de preveure per al primer any que aquests equipaments estaran en regim de lloguer. En aquest cas tindrem els següents costos afegits:

- Preu unitari per mes en funcionament continu de 31980 €
- Transport dels equips (anada i tornada) de 9000 €/unitat
- Assistència 24 hores de explotació i manteniment (inclòs al preu unitari per mes)

Per tant, a l'opció de compra, haurem d'afegir un import fins a la recepció dels equips:

Equipaments i conceptes afegits al primer any	Unitats	Preu unitari	Cost anual
Lloguer de motogeneradors de 1600 kVA	3	31 980 €/mes	1 151 280 €
Transport dels motogeneradors	3	9000 €	27 000 €
Assistència 24 hores de explotació i manteniment			inclòs
<b>TOTAL</b>			<b>1 178 280 €</b>

Fig. D.4. Costos totals dels equipaments i conceptes afegits al primer any



La contractació i per tant el cost dels serveis de manteniment i explotació de la central es tindran en compte només al segon any i tindrà un import de:

serveis de manteniment i explotació de la C.G.E.P.	Número de treballadors	Cost mensual	Cost anual
Operadors	3	2 500 €/mes	90 000 €
Personal de manteniment	1	2 500 €/mes	30 000 €
<b>TOTAL</b>			<b>120 000 €</b>

Fig. D.5. Costos totals dels serveis de manteniment i explotació de la C.G.E.P. per al segon any

Per a finalitzar, els costos totals de l'opció de compra serà:

Període	Equipaments i conceptes associats	Cost total
Primer any	Instal·lacions fixes	<b>264 125 €</b>
	Compra de tres dipòsits de combustible de 100 kl	140 533 €
	Compra d'un transformador de 6,3 MVA	37 520 €
	Compra d'un transformadors de S.A. per al centre de distribució	<b>18 126 €</b>
	Compra de les cel·les de distribució de mitjana tensió	<b>23 886 €</b>
	Equipaments i conceptes afegits al primer any	<b>1 178 280 €</b>
	Costos de consum de combustible totals	57 537 €
<b>Total primer any</b>		<b>1 720 007 €</b>



Fig. D.6. Cost totals de l'opció de compra per al primer any

Període	Equipaments i conceptes associats	Cost total
Segon any	Compra de quatre motogeneradors de 1600 kVA	1 000 000 €
	Transport dels motogeneradors	36 000 €
	Serveis de manteniment i explotació de la C.G.E.P.	120 000 €
	Costos de consum de combustible totals	110 534 €
<b>Total segon any</b>		<b>1 266 534 €</b>

---

Fig. D.7. Cost totals de l'opció de compra per al segon any

El cost total d'aquest opció al llarg dels dos anys serà de **3 250 666 €**.

### D.2.3 Costos en l'opció de lloguer

En aquest escenari calcularem els costos totals a partir de:

- Preu unitari de cada equipament instal·lat
- Temps de lloguer de cada equipament
- Unitats de cada equip instal·lats

Tindrem en compte també els costos de consum de combustible i de instal·lacions fixes calculats als apartats D. 2.1.



Període	Equipaments i conceptes associats	Unitats	Temps de lloguer	Preu unitari	Cost total
Primer any	Instal·lacions fixes	-	-	-	211 300 €
	Motogenerador de 1600 kVA	3	12 mesos	31 980 €/mes	1 151 280 €
	Dipòsits de combustible de 100 kl	3	12 mesos	2 000 €/mes	72 000 €
	Transformador de 6,3 MVA	1	12 mesos	15 000 €/mes	180 000 €
	Transformador de S.A. per al centre de distribució	1	12 mesos	8 000 €/mes	96 000 €
	Cel·les de distribució de mitjana tensió	9	12 mesos	500 €/mes	54 000 €
	Transport dels motogeneradors	3	-	9 000 €	27 000 €
	Operadors	3	12 mesos	2 500 €/mes	90 000 €
	Personal de manteniment	1	12 mesos	2 500 €/mes	30 000 €
	Muntatge i posada en servei	1	-	-	7 500 €
	Costos de consum de combustible totals	-	-	-	57 537 €
<b>Total primer any</b>					<b>1 976 617 €</b>

Fig. D.8. Cost totals de l'opció de lloguer per al primer any





Període	Equipaments i conceptes associats	Unitats	Temps de lloguer	Preu unitari	Cost total
Segon any	Motogenerador de 1600 kVA	4	12 mesos	31 980 €/mes	1 535 040 €
	Dipòsits de combustible de 100 kl	3	12 mesos	2 000 €/mes	72 000 €
	Transformador de 6,3 MVA	1	12 mesos	15 000 €/mes	180 000 €
	Transformador de SS.AA. per al centre de distribució	1	12 mesos	8 000 €/mes	96 000 €
	Cel·les de distribució de mitjana tensió	9	12 mesos	500 €/mes	54 000 €
	Transport dels motogeneradors	5	-	9 000 €	45 000 €
	Operadors	3	12 mesos	2 500 €/mes	90 000 €
	Personal de manteniment	1	12 mesos	2 500 €/mes	30 000 €
	Desmuntatge de la instal·lació a la finalització	1	-	-	7 500 €
	Costos de consum de combustible totals	-	-	-	110 534 €
<b>Total segon any</b>					<b>2 220 074 €</b>

Fig. D.9. Cost totals de l'opció de lloguer per al segon any

El cost total d'aquesta opció al llarg dels dos anys serà de **4 196 691 €**



A continuació recopilem tots els valors obtinguts en els apartats anteriors per tal de fer una comparació dels dos escenaris plantejats.

	<b>COMPRA</b>		<b>LLOGUER</b>	
<b>Instal·lacions fixes</b>	264125 €		211300 €	
	<b>ANY 1</b>	<b>ANY 2</b>	<b>ANY 1</b>	<b>ANY 2</b>
<b>Generació</b>	1 151 280 €	1 000 000 €	1 151 280 €	1 535 040 €
<b>Emmagatzematge</b>	140 532 €	-	72 000 €	72 000 €
<b>Transformació</b>	37 520 €	-	180 000 €	180 000 €
<b>Distribució</b>	42 013 €	-	150000 €	150 000 €
<b>Explotació i manteniment</b>	-	120 000 €	120 000 €	120 000 €
<b>Varis (transport, muntatge, etc.)</b>	27 000 €	36 000 €	34 500 €	52 500 €
<b>Total sense combustible</b>	<b>1 662 470 €</b>	<b>1 420 125 €</b>	<b>1 919 080 €</b>	<b>2 109 540 €</b>
<b>Total per escenari sense combustible</b>	<b>3 082 595 €</b>		<b>4 028 620 €</b>	
<b>Consum de combustible</b>	57 537 €	110 534 €	57 537 €	110 534 €
<b>Total amb combustible</b>	<b>1 720 007 €</b>	<b>1 530 659 €</b>	<b>1 976 617 €</b>	<b>2 220 074 €</b>
<b>Total per escenari amb combustible</b>	<b>3 250 666 €</b>		<b>4 196 691 €</b>	

Fig. D.10. Resum del costos totals de les dues opcions



Veiem que a priori l'opció de compra és més econòmica que l'opció de lloguer. A més, com hem suposat un valor residual de tots els equips de zero per a simplificar els càlculs, encara que realment no sigui així, sempre podrem negociar una recompra dels mateixos i recuperar així una part de la inversió.

Per altra banda, hem de tenir en compte que aquesta opció suposarà una aturada en el subministrament elèctric d'un temps determinat necessari per al canvi del motogeneradors al final del primer any, quan està previst que ens donin els motogeneradors que realment hem comprat.

També hem de tenir en compte que per a aconseguir vendre'ls un cop es desmantelli la C.G.E.P. ens suposarà una feina d'emmagatzematge i de trobar compradors que ens ocasionarà un augment de costos i de temps. A més, segur que el preu de venda de segona mà és sensiblement inferior al preu de compra.

Al considerar, a més, que és una instal·lació provisional, intentarem tenir en propietat el mínim d'equipaments possible.

Per tant, l'opció que escollirem serà la de lloguer.

## **D.3 Xarxa de distribució**

### **D.3.1 Línies de distribució**

Els paràmetres considerats que influeixen en el cost final de la instal·lació són:

- Obra civil: execució del fossat
- Instal·lació elèctrica: estesa del cable AL RHZ1-OL de 18/30 kV amb aïllament XLPE i secció de 240 mm<sup>2</sup>
- Complement si la estesa s'executa en canalitzacions de formigó

Com que la instal·lació de la xarxa de distribució i els centres de transformació són de caire permanent no es farà l'estudi comparatiu de les opcions de compra o lloguer.

Hem de tenir en compte que la instal·lació de cada línia de mitjana tensió s'executarà en dues modalitats: soterrades directament a terra on el seu recorregut és sota vorera i soterrades en canalitzacions en els cas dels encreuaments de carrers.

Hem de tenir en compte que l'amplada dels carrers és de l'ordre d'onze metres, per tant calcularem l'estesa en la modalitat de cables soterrats en canalitzacions multiplicant els onze metres pel número de encreuaments de carrers per on passa cada línia d'MT.



A la taula de la Fig. D.11 podem veure la longitud de línia de mitjana tensió que s'executarà d'una o una altra modalitat per a la primera etapa.

Modalitat d'execució de la instal·lació	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	L4 [m]	L5 [m]	L6 [m]	L7 [m]	L8 [m]	L9 [m]	L10 [m]	L11 [m]
Línia d'MT directament soterrada a terra i sota vorera	231	235	562	642	894	1168	205	164	217	174	144
Línia d'MT soterrada en canalització i sota carrer	22	22	44	55	66	66	33	11	11	-	-

Fig. D.11. Recorregut de les línies de MT soterrades directament o en canalització per a la primera etapa

Per tant el cost a la primera etapa de l'estesa de cable i tancament i obertura del fossat serà:

Equipaments i conceptes associats	Unitats	Preu unitari	Cost total
Estesa de línia soterrada de 25 kV directament soterrada i sota vorera	4636 m	93,16 €/m	431 889,7 €
Estesa de línia soterrada de 25 kV soterrada en canalització sota carrer	330 m	106,51 €/m	35 148,3 €
Obertura i tancament del fossat per al cable en vorera	4636 m	55,55 €/m	257 529,8 €
Obertura i tancament del fossat per al cable en carrer	330 m	70,55 €/m	23 281,5 €
<b>TOTAL</b>			<b>747 849,36 €</b>



Fig. D.12. Cost de la instal·lació de les línies de MT soterrades directament a terra o en canalització per a la primera etapa

Per a la segona etapa veiem que les connexions (línies d'MT des de la L12 a la L16) dels centres de transformació amb les línies de mitjana tensió existents (L5 i L6) seran instal·lacions directament soterrades a terra. La seva longitud total serà de 100 m (20 m cadascuna).

Per tant el cost de la instal·lació per al segon any serà:

Equipaments i conceptes associats	Unitats	Preu unitari	Cost total
Estesa de línia soterrada de 25 kV directament soterrada i sota vorera	100 m	93,16 €/m	9 316 €
Obertura i tancament del fossat per al cable en vorera	100 m	55,55 €/m	5 555 €
<b>TOTAL</b>			<b>14 871 €</b>

Fig. D.13. Cost de la instal·lació de les línies de MT soterrades directament a terra o en canalització per a la segona etapa

### D.3.2 Centres de transformació

En aquest cas valorarem els costos dels equipaments i l'adequació del terreny. Tindrem en compte:

- Compra d'onze edificis prefabricats de formigó PFU-4
- Compra d'onze transformadors de 630 kVA
- Compra de cel·les de distribució d'MT
- Sistema de presa de terra
- Adequació del terreny

Farem l'estudi calculant el cost de la instal·lació per a cada etapa.



Per a la primera etapa:

Període	Equipaments i conceptes associats		Unitats	Preu unitari	Cost total
Primer any	Transformador de 630 kVA		6	11 418,30 €	68 509,80 €
	Cel·les de distribució de mitjana tensió	Cel·la de línia	16	2 263,60 €	36 217,60 €
		Cel·la de ruptofusible	6	3 063,36 €	18 380,16 €
	Edifici prefabricat de formigó	PFU-4	6	6 693,32 €	40 159,92 €
	Moviment de terres i adequació (3,5 m x 5,5 m)		6	661,00 €	3 966,00 €
	Instal·lació de preses de terra a l'exterior amb conductor de coure 50 mm <sup>2</sup> i piques de 14 mm de diàmetre	Presa de terra de protecció exterior	6	1 900,00 €	11 400,00 €
		Presa de terra del neutre	6	700,00 €	4 200,00 €
<b>Total primer any</b>					<b>182 833,48 €</b>

Fig. D.14. Cost de la instal·lació dels centres de transformació per a la primera etapa



Per a la segona etapa:

Període	Equipaments i conceptes associats		Unitats	Preu unitari	Cost total
Segon any	Transformador de 630 kVA		5	11 418,30 €	57 091,50 €
	Cel·les de distribució de mitjana tensió	Cel·la de línia	10	2 263,60 €	22 636,00 €
		Cel·la de ruptofusible	5	3 063,36 €	15 316,80 €
	Edifici prefabricat de formigó	PFU-4	5	6 693,32 €	33 466,60 €
	Moviment de terres i adequació (3,5 m x 5,5 m)		5	661,00 €	3 305,00 €
	Instal·lació de preses de terra a l'exterior amb conductor de coure 50 mm <sup>2</sup> i piques de 14 mm de diàmetre	Presa de terra de protecció exterior	5	1 900,00 €	9 500,00 €
		Presa de terra del neutre	5	700,00 €	3 500,00 €
Total segon any					144 815,90 €

Fig. D.15. Cost de la instal·lació dels centres de transformació per a la segona etapa



A la taula de la Fig. D.16 podem veure el cost total de la nostra instal·lació.

	ANY 1	ANY 2
<b>Central de generació elèctrica provisional</b>	1 976 617 €	2 220 074 €
<b>Línies de mitjana tensió</b>	747 850 €	14 871 €
<b>Centres de transformació</b>	182 833 €	144 816 €
<b>Total per any</b>	<b>2 907 300 €</b>	<b>2 379 761 €</b>
<b>Total</b>	<b>5 287 061 €</b>	

Fig. D.16. Cost de la instal·lació de la instal·lació completa

## D.4 Aclariments

Per tal de fer el pressupost de la nostra instal·lació hem tingut en compte els següents factors:

- Només hem pressupostat els equipaments que han sigut objecte de nostre estudi
- El cost de mà d'obra, transport de material, de maquinaria i altres conceptes relacionats amb la construcció i instal·lació estan inclosos als preus marcats
- La majoria de preus s'han tret de la web: [www.generaciondeprecios.info](http://www.generaciondeprecios.info)
- Per als preus que no s'han tret de la web abans esmentada s'ha demanat al subministrador corresponent un preu orientatiu
- Els preus són sense IVA





## E. Annex E: Estudi de l'impacte ambiental

### E.1 Descripció de l'activitat

#### E.1.1 Dades de l'emplaçament de la C.G.E.P.

	Titular
Superfície de la parcel·la	1320 m <sup>2</sup>
Nombre de treballadors	2
Potència contractada (kW)	6,4 kW
Ubicació	Municipi de Tortosa, comarca del Baix Ebre, al polígon industrial del Baix Ebre
Descripció de la activitat	Generació provisional d'energia elèctrica

Fig. E.1. Dades de l'emplaçament de la C.G.E.P.

La central s'organitzarà de la següent manera:

- Dies d'activitat a la setmana: 7 dies
- Horari laboral: 24 hores
- Els torns, horaris i treballadors es mostren com a recordatori a la taula de la Fig. E.1.2
- No hi haurà dates d'inactivitat
- Durant el període de vacances no s'aturarà la instal·lació
- Es realitzarà un manteniment diari de les instal·lacions de caire preventiu i correctiu



Lloc de treball	Horari	Número de treballadors
<b>Operadors</b>	06.00 h – 14.00 h	1
	14.00 h – 22.00 h	1
	22.00 h – 06.00 h	1
<b>Manteniment</b>	08.00 h – 13.00 h	1
	15.00 h – 18.00 h	

Fig. E.2. Estimació de llocs de treball per a la central

### E.1.2 Descripció de les instal·lacions

Instal·lacions	Característiques
<b>Emmagatzematge i distribució de gasoli</b>	La instal·lació disposa de tres dipòsits de doble paret acer-acer amb una capacitat de 100 m <sup>3</sup> cadascun. La distribució de combustible des dels dipòsits fins als grups generadors es realitza mitjançant un grup de bombeig a través d'uns col·lectors principals.
<b>Generació d'energia elèctrica</b>	Mitjançant quatre grups electrògens alimentats amb gasoli emmagatzemat per al consum propi, es generarà tensió elèctrica a 400 V i mitjançant un transformador s'eleva la tensió des de 400 V a 25 kV. L'energia elèctrica en mitjana tensió es distribuirà als diferents punts de consum a través de les cel·les de protecció instal·lades al centre de distribució.

Taula E.3. Característiques generals de les instal·lacions de la C.G.E.P.



### E.1.3 Matèries primeres

La principal matèria primera que es farà servir és el gasoli.

Matèria primera	Descripció	Quantitat anual consumida	Procedència	Sistema d'emmagatzematge	Quantitat màxima emmagatzemada
Gasoli	Tipus B	6762080 l/any	Empreses distribuïdores de combustible	Depòsit aeri de 100 m <sup>3</sup>	300 m <sup>3</sup>

Fig. E.4. Matèria primera de la C.G.E.P.

## E.2 Medi potencialment afectat

### E.2.1 Qualitat de l'aire

La qualitat del aire a nivell d'immissió s'ha determinat a partir de les dades disponibles de les estacions més properes segons la Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica. Les estacions més properes a la zona d'implementació són les següents:

ZQA 15: Terres de l'Ebre			
MUNICIPI	UBICACIÓ	AUTOMÀTICA	MANUAL
Alcanar	Llar de Jubilats (Les Cases d'Alcanar)	NOx	PM10
Alcanar	Depuradora (Les Cases d'Alcanar)		PM10
L'Ametlla de Mar	Escola Nàutica		PM10
L'Ametlla de Mar	Deixalleria	SO <sub>2</sub> , NOx, CO	
La Sénia	Repetidor	O <sub>3</sub>	PM10, PM2.5, Metalls, B(a)p
Gandesa	Creu Roja	O <sub>3</sub>	
Amposta	c/Sant Domènec – c/Itàlia	NO <sub>x</sub> , O <sub>3</sub> , PM10	Benzè
Flix	antic castell	HCl, Cl <sub>2</sub> , Hg	
Flix	Caserna de la Guàrdia Civil		Cl <sub>2</sub> , HCl
Flix	Escola Bressol		Cl <sub>2</sub> , HCl
Els Guiamets	Camp de futbol	O <sub>3</sub>	
Vandellòs i L'Hospitalet de l'Infant	Els Dedalts	SO <sub>2</sub> , NOx, CO, PM10	
Vandellòs i L'Hospitalet de l'Infant	Viver	SO <sub>2</sub> , NOx	PM10
Vandellòs i L'Hospitalet de l'Infant	Barranc del Terme	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM10	

Taula E.5. Estacions més properes a la zona d'estudi [Font: Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica (XVPCA)]



### E.2.1.1 Diòxid de Sofre (SO<sub>2</sub>)

Es presenten a continuació els paràmetres estadístics corresponents a la avaluació de la qualitat del aire segons el *Real Decreto 1073/2002* en les estacions de l'entorn considerades:

Zona	Punt de mesurament	Tipus d'àrea	VLh i	LLA i	VLd i	Tipus d'avaluació	% dades	Mitjana anual µg/m³				
								2014	2013	2012	2011	2010
Valors que no s'haurien de superar			24	0	3			0	0	0	0	0
15	l'Ametlla de Mar (deixalleria)	RT	0	0	0	F	86	1	2	2	1	1
15	Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant (barranc del Terme)	RI	0	0	0	F	91	1	1	1	1	1
15	Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant (els Dedalts)	RF	0	0	0	F	94	2	2	1	1	1
15	Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant (viver)	RI	0	0	0	F	96	1	1	1	1	1

Fig. E.6. Valors de fons de SO<sub>2</sub> en µg/m<sup>3</sup> [Font: [www.qualitatdelaire.cat](http://www.qualitatdelaire.cat)]

On els valors límit segons el *Real Decreto 1073/2002* són:

- VLh: valor límit horari, consisteix en què les mitjanes horàries de l'any no poden superar en més de 24 ocasions el valor de 350 µg/m<sup>3</sup>
- LLA: llindar d'alerta, consisteix en què les mitjanes horàries de l'any no poden superar el valor de 500 µg/m<sup>3</sup> en cap ocasió
- VLd: valor límit diari, consisteix en què les mitjanes diàries de l'any no poden superar el valor de 125 µg/m<sup>3</sup> en més de tres ocasions
- Mitjana anual: mitjana anual de 20 µg/m<sup>3</sup>. No es produeix cap superació del valor límit horari de 20 µg/m<sup>3</sup> en cap estació

Rest a un ampli marge per al seu compliment en tots els valors esmentats.



### E.2.1.2 Diòxid de nitrogen (NO<sub>2</sub>)

Es presenten a continuació els paràmetres estadístics corresponents a la avaluació de la qualitat del aire segons el *Real Decreto 1073/2002* en les estacions de l'entorn considerades:

Zona	Punt de mesurament	Tipus d'àrea	VLh i	LLA i	Tipus d'avaluació	% dades	Mitjana anual µg/m³				
							2014	2013	2012	2011	2010
Valors que no s'haurien de superar				18	0		40	40	40	40	40
15	Alcanar (Llar de Jubilats)	SI	0	0	F	97	14	10	9	---	---
15	Amposta (Sant Domènec - Itàlia)	SF	0	0	F	96	13	15	16	20	18
15	l'Ametlla de Mar (deixalleria)	RT	0	0	F	86	8	4	7	---	---
15	Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant (barranc del Terme)	RI	0	0	F	90	2	2	4	8	6
15	Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant (els Dedalts)	RF	0	0	F	98	2	2	2	1	2
15	Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant (viver)	RI	0	0	F	89	9	7	4	4	3

Fig. E.7. Valors de fons de NO<sub>2</sub> en µg/m<sup>3</sup> [Font: [www.qualitatdelaire.cat](http://www.qualitatdelaire.cat)]

On els valors límit segons el *Real Decreto 1073/2002* són;

- VLh: valor límit horari, consisteix en què les mitjanes horàries de l'any no poden superar en més de 18 ocasions el valor de 200 µg/m<sup>3</sup>
- LLA: llindar d'alerta, consisteix en què les mitjanes horàries de l'any no poden superar el valor de 400 µg/m<sup>3</sup> en cap ocasió
- VLa: valor límit anual, consisteix en què la mitjana anual no pot superar el valor de 40 µg/m<sup>3</sup>

Rest a un ampli marge per al seu compliment en tots els valors esmentats.



### E.2.1.3 Partícules en suspensió menors de 10 µm de diàmetre (PM10)

Es presenten a continuació els paràmetres estadístics corresponents a la avaluació de la qualitat del aire segons el *Real Decreto 1073/2002* en les estacions de l'entorn considerades:


Zona	Punt de mesurament	Tipus d'àrea	VLd 	mètode d'anàlisi	P90.4 µg/m³	Tipus d'avaluació	% dades	Mitjana anual µg/m³				
								2014	2013	2012	2011	2010
Valors que no s'haurien de superar			35		50			40	40	40	40	40
15	Alcanar (Depuradora)	RI	71	Gravimetria (manual)	67	F	83	39	21	31	---	---
15	Alcanar (Llar de Jubilats)	SI	7	Gravimetria (manual)	32	F	85	19	13	17	---	---
15	Amposta (Sant Domènec - Itàlia)	SF	5	Microbalança oscil·l...		F	98	21	17	22	22	19
15	l'Ametlla de Mar (escola nàutica)	RT	1	Gravimetria (manual)	26	F	74	14	10	13	15	14
15	la Sénia (repetidor)	RF	0	Gravimetria (manual)	18	F	46	11	10	13	13	11
15	Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant (barranc del Terme)	RI	1	Microbalança oscil·l...		F	86	12	10	---	---	---
15	Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant (els Dedalts)	RF	0	Microbalança oscil·l...		F	98	12	11	---	---	---
15	Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant (viver)	RI	1	Gravimetria (manual)	25	F	75	15	11	15	14	17

Fig. E.8. Valors de fons de PM10 en µg/m³ [Font: [www.qualitatdelaire.cat](http://www.qualitatdelaire.cat)]

On els valors límit segons el *Real Decreto 1073/2002* són:

- VLd: valor límit diari, consisteix en què les mitjanes diàries de l'any no superin el valor de 50 µg/m³ en més de 35 ocasions
- P90.4: percentil 90.4, consisteix en què el seu valor no superi els 50 µg/m³. És un indicador de superació del VLd quan no es disposa de totes les dades de l'any
- VLa: valor límit anual, consisteix en què la mitjana anual no superin el valor de 40 µg/m³

Veiem que s'ha superat el valor límit diari al punt de mesurament d'Alcanar (EDAR).



### E.2.1.4 Ozó (O<sub>3</sub>)

Es presenten a continuació els paràmetres estadístics corresponents a la avaluació de la qualitat del aire segons el *Real Decreto 1073/2002* en les estacions de l'entorn considerades:

Zona	Punt de mesurament	Tipus d'àrea	LLI <i>i</i>	LLA <i>i</i>	maxim mitjanes 8-h mòbils µg/m³	VOPV µg/m³h	OLTPV µg/m³h	VOPS <i>i</i>	OLTPS <i>i</i>	Tipus d'avaluació	% dades	Mitjana anual µg/m³				
												2014	2013	2012	2011	2010
Valors que no s'haurien de superar			0	0				25	0							
15	Amposta (Sant Domènec - Itàlia)	SF	0	0	132.0	15049	17237	6.3	9	F	98	61	64	62	59	64
15	els Guiamets (camp de futbol)	RF	0	0	137.0	22014	25323	31.3	32	F	95	73	77	75	69	79
15	Gandesa (Creu Roja)	RF	0	0	138.0	24605	25482	30.3	35	F	98	75	79	74	73	82
15	la Sénia (repetidor)	RF	0	0	138.0	25645	24905	33.3	31	F	95	80	85	82	80	83

Fig. E.9. Valors de fons de O<sub>3</sub> en µg/m³ [Font: [www.qualitatdelaire.cat](http://www.qualitatdelaire.cat)]

On els valors límit segons el *Real Decreto 1073/2002* són:

- LLI: llindar d'informació, consisteix en què les mitjanes horàries de l'any no poden superar el valor de 180 µg/m³ en cap ocasió
- LLA: llindar d'alerta, consisteix en què les mitjanes horàries de l'any no poden superar el valor de 240 µg/m³ en cap ocasió
- VOPV: valor objectiu per a la protecció de la vegetació, consisteix en què l'estadístic AOT40 de maig a juliol no superi el valor de 18000 µg/m³·h en mitjana de cinc anys
- OLTPV: objectiu a llarg termini per a la protecció de la vegetació, consisteix en què l'estadístic AOT40 de maig a juliol no superi el valor de 6000 µg/m³·h en un any
- VOPS: valor objectiu per a la protecció de la salut humana, consisteix en què el màxim de cada dia de les mitjanes 8-horàries mòbils no superi el valor de 120 µg/m³ en més de 25 ocasions per any en mitjana de tres anys



- OLTPS: objectiu a llarg termini per a la protecció de la salut humana, consisteix en què el màxim de cada dia de les mitjanes 8-horàries mòbils no superi el valor de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Veiem que s'ha superat el valor objectiu per a la protecció de la salut humana als punts de mesurament dels Guiamets, Gandesa i la Sénia.

En relació al valor objectiu de l'ozó per a la protecció de la vegetació s'ha superat a l'estació dels Guiamets (camp de futbol).

### E.2.1.5 Monòxid de Carboni (CO)

Es presenten a continuació els paràmetres estadístics corresponents a la avaluació de la qualitat del aire segons el *Real Decreto 1073/2002* en les estacions de l'entorn considerades:


Zona	Punt de mesurament	Tipus d'àrea	màxim mitjanes 8-h mòbils mg/m³	VL8h 	Tipus d'avaluació	% dades	Mitjana anual mg/m³					
							2014	2013	2012	2011	2010	
Valors que no s'haurien de superar			10									
15	l'Ametlla de Mar (deixalleria)	RT	0.6	0	F	87	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
15	Vandellòs i l'Hospitalet de l'Infant (els Dedalts)	RF	1.0	0	F	97	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	

Fig. E.10. Valors de fons de CO en  $\text{mg}/\text{m}^3$  [Font: [www.qualitatdelaire.cat](http://www.qualitatdelaire.cat)]

On els valors límit segons el *Real Decreto 1073/2002* són:

- VL8h: valor límit vuit-horari, consisteix en què els màxims de les mitjanes 8-horàries mòbils de cada dia no poden superar en el valor de  $10 \text{ mg}/\text{m}^3$

Rest a un ampli marge per al seu compliment en tots els valors esmentats.





### E.2.1.6 Hidrocarburs totals (HCT)

La legislació actual no estableix límits genèrics per aquest contaminant, encara que si s'estableixen per determinats compostos com el benzè.

Calcularem els valors de fons per al benzè.

Es presenten a continuació els paràmetres estadístics corresponents a la avaluació de la qualitat del aire segons el *Real Decreto 1073/2002* en les estacions de l'entorn considerades:

Zona	Punt de mesurament	Tipus d'àrea	mètode d'anàlisi	Tipus d'avaluació	% dades	Mitjana anual $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
						2014	2013	2012	2011	2010
Valors que no s'haurien de superar						5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
15	Amposta (Sant Domènec - Itàlia)	SF	captació activa (man...	F	28	0.0	0.6	0.5	0.8	0.6

Fig. E.11. Valors de fons de benzè en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [Font: [www.qualitatdelaire.cat](http://www.qualitatdelaire.cat)]

On els valors límit segons el *Real Decreto 1073/2002* són:

- VLa: valor límit anual, consisteix en què la mitjana anual no superi els  $5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Rest a un ampli marge per al seu compliment en tots els valors esmentats.

### E.2.1.7 Avaluació de la sensibilitat atmosfèrica del medi

A la zona de qualitat de l'aire d'estudi, les Terres de l'Ebre, els valors mesurats pel diòxid de nitrogen, el diòxid de sofre, el monòxid de carboni i el benzè estan per sota dels valors límit establerts a la normativa vigent.

Pel que fa a les partícules en suspensió amb diàmetre inferior a  $10 \mu\text{m}$  s'ha superat el valor límit diari al punt de mesurament d'Alcanar (EDAR). Aquesta superació està associada a l'activitat cimentera de la zona.

Pel que fa als nivells d'ozó troposfèric no s'ha detectat cap superació del llindar d'informació horari a la població, ni del llindar d'alerta. En canvi, s'ha superat el valor objectiu per a la protecció de la salut humana als punts de mesurament dels Guiamets, Gandesa i la Sénia.



En relació al valor objectiu de l'ozó per a la protecció de la vegetació s'ha superat a l'estació dels Guiamets (camp de futbol).

En relació a l'avaluació dels nivells de la resta de contaminants, d'acord amb l'inventari d'emissions i les condicions de dispersió de la zona, s'estima que els nivells compleixen els objectius de qualitat de l'aire establerts a la normativa vigent.

D'acord amb aquestes dades, els contaminants que actualment limiten la capacitat del medi receptor del àrea d'estudi són el ozó troposfèric i sobretot, les partícules en suspensió amb diàmetre inferior a 10 µm.

### **E.2.2 Qualitat de l'aigua**

Des del punt de vista hidrogeològic, la zona d'estudi s'inclou en la formació de dipòsits fluvials, deltes i planícies costeres (A10), definida com a tal en el Mapa d'àrees hidrogeològiques de Catalunya (1992).

La qualitat del aigua de la zona d'estudi no presenta cap tipus de sensibilitat especial per contaminació, ja que les aigües residuals de la activitat de la zona es recullen en un dipòsit químic que periòdicament es renovarà i que s'envia a la estació depuradora.

Per altra banda, el centre provisional de generació d'energia elèctrica no alterarà en cap sentit la qualitat de les aigües de la zona, ja que no disposarà de cap punt de vessament controlat.

Les aigües residuals com ja hem dit es recolliran en un dipòsit químic que periòdicament es renovarà.



## E.3 Aspectes ambiental de l'activitat

### E.3.1 Emissions a l'atmosfera

Per les característiques de la central, s'ha previst la instal·lació de quatre motogeneradors de gasoli, en cabina acústica per a exterior. A continuació es descriuran les seves característiques i emissions:

4 x Generador		
Potencial nominal		1280 kW
Alçada del punt d'emissió		2,6 m
Cabal de gasos a temperatura d'emissió		272,7 m <sup>3</sup> /min
Temperatura de gasos d'escapament		479 °C
Concentració de contaminants (valors nominals a 100% de càrrega i al 5%d'O <sub>2</sub> )	NO <sub>2</sub>	3166,0 mg/m <sup>3</sup>
	CO	331,3 mg/m <sup>3</sup>
	HCT	43,8 mg/m <sup>3</sup>
	PM10 (%)	1,3 %
Concentració de contaminants (valors garantits a 100% de càrrega i al 5%d'O <sub>2</sub> )	NO <sub>2</sub>	3799,2 mg/m <sup>3</sup>
	CO	596,4 mg/m <sup>3</sup>
	HCT	58,2 mg/m <sup>3</sup>
	PM10 (%)	1,3 %

Fig. E.12. Característiques i emissions del motogenerador de 1600kVA



### E.3.1.1 Consideracions

Tindrem en compte els següents aspectes per tal de minimitzar les emissions a l'atmosfera:

- Una mesura que valorem és que els motogeneradors no treballin a màxima càrrega per tal de disminuir la seva emissió de contaminants
- El disseny de la planta es regirà pel següent criteri de sostenibilitat: minimitzar el consum energètic mitjançant la instal·lació d'equips de màxima eficiència, evitant les arrencades i aturades i intentar reduir al màxim el risc de vessaments i fuites.

### E.3.2 Emissions de sorolls i vibracions

#### E.3.2.1 Condicions de l'entorn

Per tal de conèixer els problemes de sorolls i vibracions que pugui generar la central de generació elèctrica provisional, és important saber en que entorn es construirà.

La parcel·la on s'ubicarà la C.G.E.P. es troba en un emplaçament de marcat caràcter industrial.

El soroll existent a la zona d'implementació es pot tipificar com una zona de sensibilitat acústica baixa, segons l'indicat a la Llei 16/2002 de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica.

Segons el *Real Decreto 245/2008*, del 8 de novembre, les zones de sensibilitat acústica baixa (C), corresponen a les zones i usos següents:

- Àrees predominantment industrials
- Àrees residencials pròximes a infraestructures de transport o equipaments que no superin el rang de sensibilitat acústica baixa
- Infraestructures de transport on el seu rang d'immissió acústica mitjana sobre passi els valors d'una zona de sensibilitat acústica baixa

Veiem que la parcel·la on s'implementarà la C.G.E.P. pertany a la categoria d'àrees predominantment industrials. Els valors límits d'immissió marcats per la Llei 16/2002 són:



Zona de sensibilitat	Valors límits d'immissió		Valors d'atenció	
	L <sub>Ar</sub> en dB		L <sub>Ar</sub> en dB	
	Dia	Nit	Dia	Nit
<b>A, Alta</b>	60	50	65	60
<b>B, Moderada</b>	65	55	68	63
<b>C, Baixa</b>	70	60	75	70

Fig. E.13. Valors límits d'immissió per categoria

### E.3.2.2 Afectació de la instal·lació

La nostra instal·lació és font emissora de sorolls i vibracions, en una zona identificada com a categoria C (sensibilitat acústica baixa).

Les fonts d'emissió acústica de la C.G.E.P. són:

Zona de procés	Situació	Focus	Emissió màxima
Generació elèctrica	Exterior	4 x Generador de 1200 kW a 50 Hz	83 ± 2 dB a 1 m

Fig. E.14. Valors límits d'immissió per categoria

Es considerarà com a receptors potencials els vianants que circulin per l'exterior de la parcel·la on ubiquem la C.G.E.P.

Per tal de minimitzar la producció de sorolls, hem instal·lat els motogeneradors en contenidors acústics que redueixen, en gran part, l'emissió de sorolls, per tal d'aconseguir la màxima insonorització possible per a la seva compatibilitat d'emissions sonores màximes permeses a la zona prevista



Escollirem un tipus de transformador auxiliar submergit en dielèctric líquid per a obtenir una reducció del nivell de soroll.

També s'ha de tenir en compte que la instal·lació dels equips és de caràcter provisional, amb un horitzó de dos anys, i que es tracta d'un emplaçament de marcat caràcter industrial en que la zona urbana més propera es troba aproximadament a 2,5 km.

### E.3.3 Aigües residuals

No hi haurà vessament d'aigües residuals. Només tindrem en compte:

- Aigües de servei, procedents de la neteja de les zones de lavabos que es recolliran en un dipòsit químic que periòdicament es renovarà
- Aigües pluvials procedents de les zones pavimentades o de la coberta de la planta

Els sanitaris que s'instal·laran seran de tipus químic.

### E.3.4 Producció i gestió de residus

#### E.3.4.1 Generació de residus

La activitat de la central origina residus relacionats amb el funcionament de les instal·lacions de la central.

Tipus de residu	Classe	Producció anual estimada
Olis sintètics no clorats	Especial	1 m <sup>3</sup>
Cables (en el moment de la instal·lació)	Inerta	3 kg
Equipaments elèctrics rebutjats	Inerta	5 kg
Tubs fluorescents de vapor de mercuri	Especial	10 kg

Fig. E.15. Tipus de residu i producció anual



### E.3.4.2 Gestió de residus

Els residus generats seran dipositats en contenidors i recipients adequats per a la seva posterior gestió. Aquest contenidors i recipients seran retirats periòdicament.

Els contenidors on s'instal·laran els motogeneradors estan dotats d'un grau elevat d'estanqueïtat per a fer front a possibles fuites de líquids (oli, combustible, etc.) per assegurar la no contaminació accidental del sòl.

El dipòsit de combustible tenen entre les dues parets una cambra d'aire amb un sistema de detecció de fuites.

No es preveu l'emmagatzematge de residus en la pròpia instal·lació, més enllà del derivat de l'omplir els dipòsits.

Tipus de residu	Gestió de residus		
	Recollida	Tractament	Tipus de gestió
<b>Olis sintètics no clorats</b>	Dipòsit d'1 m <sup>3</sup>	V22-regeneració d'olis sintètics (t21 regeneració de dissolvents)	Gestor extern autoritzat
<b>Cables</b>	Contenidor obert d'1m <sup>3</sup>	V45-recuperació de cables (t11 reposició de residus inerts)	Gestor extern autoritzat
<b>Equipaments elèctrics rebutjats</b>	Contenidor obert d'1m <sup>3</sup>	V41-reciclatge i recuperació de metalls o compostos metàl·lics (t11 deposició de residus inerts)	Gestor extern autoritzat
<b>Tubs fluorescents de vapor de mercuri</b>	Bidó de 200 kg	V41-reciclatge i recuperació de metalls o compostos metàl·lics (t13 deposició de residus especials)	Gestor extern autoritzat

Fig. E.16. Gestió de residu



